This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

Gj-A613.3

2.4

WHITNEY LIBRARY,

HARVARD UNIVERSITY.

THE GIFT OF

J. D. WHITNEY,

Sturgis Hooper Professor

IN THE

MUSEUM OF COMPARATIVE ZOÖLOGY

21,234

June 15, 1903.

TRANSFERRED TO GEOLOGICAL SCIENCES LIBRARY

ANNALES

DES MINES

ANNALES

DES MINES

Les ANNALES DES MINES sont publiées sous les auspices de l'Administration des Mines et sous la direction d'une commission spéciale, nommée par le Ministre des travaux publics. Cette commission, dont font partie le directeur des routes, de la navigation et des mines et le conseiller d'État, directeur du personnel, du secrétariat et de la comptabilité, est composée ainsi qu'il suit :

MM.
JACQUOT, inspecteur général des mines, *président*.
DE CHANCOURTOIS, inspecteur général.
BOCHET, d°
PESCHART D'AMBLY, d°.
L. LUUYT, inspecteur général, directeur de l'École supérieure des mines.
LINDER, inspecteur général.
CASTEL, d°
HATON DE LA GOUPILLIÈRE, inspecteur général.
ROGER, inspecteur général.
ORSEL, d°
MALLARD, ingénieur en chef, professeur à l'École supérieure des mines.
LORIEUX, ingénieur en chef, secrétaire du conseil général des mines.

MM.
RÉSAL, ingénieur en chef, professeur à l'École supérieure des mines.
KELLER, ingénieur en chef, secrétaire de la Commission de la statistique de l'industrie minérale et des appareils à vapeur.
FUCHS, ingénieur en chef, professeur à l'École supérieure des mines.
VICAIRE, d°
CARNOT, ingénieur en chef, inspecteur de l'École supérieure des mines.
AGUILLON, ingénieur en chef, professeur à l'École supérieure des mines.
DOUVILLÉ, d°
LODIN, ingénieur, professeur à l'École supérieure des mines.
ZEILLER, ingénieur en chef, *secrétaire de la commission*.

L'Administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des ANNALES DES MINES pour être envoyés, soit, à titre de don, aux principaux établissements nationaux et étrangers, consacrés aux sciences et à l'art des mines, soit, à titre d'échange, aux rédacteurs des ouvrages périodiques, français et étrangers, relatifs aux sciences et aux arts.

Les lettres et documents concernant les ANNALES DES MINES doivent être adressés, *sous le couvert de M. le Ministre des travaux publics*, à M. l'ingénieur en chef, secrétaire de la commission des ANNALES DES MINES.

Les auteurs reçoivent *gratis* 20 exemplaires de leurs articles.

Ils peuvent faire faire des tirages à part, à raison de 9 francs par feuille jusqu'à 50, 10 francs de 50 à 100, et 5 francs en plus pour chaque centaine ou fraction de centaine à partir de la seconde. — Le tirage à part des planches est payé sur mémoire, au prix de revient.

La publication des ANNALES DES MINES a lieu par livraisons, qui paraissent tous les deux mois.

Les six livraisons annuelles forment trois volumes, dont deux consacrés aux matières scientifiques et techniques, et un consacré aux actes administratifs et à la jurisprudence. Ils contiennent ensemble 90 feuilles d'impression et 24 planches gravées environ.

Le prix de l'abonnement est de 20 francs pour Paris, de 24 francs pour les départements et de 28 francs pour l'étranger.

PARIS. — IMP. C. MARPON ET E. FLAMMARION, RUE RACINE, 26.

ANNALES

DES MINES

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RATTACHENT,

RÉDIGÉES ET PUBLIÉES

SOUS L'AUTORISATION DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

HUITIÈME SÉRIE

MÉMOIRES. — TOME IX

PARIS

Vve Ch. DUNOD, ÉDITEUR

LIBRAIRE DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES ET DES TÉLÉGRAPHES

Quai des Augustins, n° 49

1886

BIBLIOGRAPHIE.

PREMIER SEMESTRE DE 1886.

OUVRAGES FRANÇAIS.

1° *Mathématiques pures.*

HOÜEL (J.). — Tables de logarithmes à cinq décimales pour les nombres et les lignes trigonométriques, suivies des logarithmes d'addition et de soustraction ou logarithmes de Gauss, et de diverses tables usuelles. *Nouvelle édition*, revue et augmentée. In-8°, XLVIII-119 p. 2 fr (4046)

JOURJON (C.). — La Divisibilité des fonctions entières démontrée sans les imaginaires. In-8°, VI-47 p. 2 fr. (4805)

LE MARCHAND (E.-V.). — Chimie de l'unité; Etude comparative des mathématiques cosmiques par la science de l'arithmétique naturelle. In-8°, 160 p. Caen. (5095)

LONGCHAMPS (G. de). — Intégration de certaines suites récurrentes. In-8°, 7 p. (*Assoc. franç. pour l'avanc. des sciences. Congrès de Grenoble*, 1885.) (4833)

MONNET (L.-F.). — Tables de lignes trigonométriques naturelles à cinq décimales, contenant les valeurs des sinus et des tangentes de minute en minute pour tous les degrés du quart de cercle, suivie de plusieurs autres tables de nombres usuels. In-18 jésus, VIII-99 p. (193)

NEUBERG (J.). — Sur les surfaces anallagmatiques. In-8°, 10 p. (*Assoc. franç. pour l'avanc. des sciences. Congrès de Grenoble*, 1885.) (4578

—— Sur le point de Steiner. In-8°, 14 p. (Extr. du *Journal de mathématiques spéciales.*) (5394)

PRUVOST (E.). — Leçons de géométrie analytique, à l'usage des élèves de la classe de mathématiques spéciales et des candidats à l'École normale supérieure et à l'École polytechnique. T. III : Géométrie dans l'espace. In-8°, 441 p. avec fig. (L'ouvrage complet comprend deux volumes; le tome I formant deux parties à 7 fr. chacune, et le tome II à 7 fr. 50.) (3872)

RAGACHE (L.-A.). — Note sur la théorie des lignes droites parallèles sans postulatum, extraite de la Géométrie réformée. In-8°, 16 p. (4875)

RIQUIER (M.-C.). — Extension à l'hyperespace de la méthode de M. Carl Neumann pour la résolution de problèmes relatifs aux fonctions de variables réelles qui vérifient l'équation différentielle $\Delta F = 0$. In-4°, 118 p. avec fig. (4616)

SIACCI (F.). — Un procédé d'intégration des formules balistiques. In-8°, 10 p. (Extr. de la *Revue d'artillerie.*) (4905)

TARTINVILLE (A.). — Première leçon sur les déterminants. In-8°, 16 p. 1 fr. 50. (5193)

—— Seconde leçon sur les déterminants. In-8°, 28 p. 2 fr. (5194)

ZENGER (C.-V.). — Solution logarithmique des équations numériques. In-8°, 8 p. (*Assoc. franç. pour l'avancement des sciences, Congrès de Grenoble*, 1885.) (4653)

2° *Physique. — Chimie. — Métallurgie.*

BERSON. — De l'influence de la température sur l'aimantation. In-4°, 75 p. (4207)

BRISSE (C.) et C. RIVIÈRE. — Nouveau cours de physique à l'usage des élèves de la classe de mathématiques spéciales. 2e *édition*. In-8°, VI-792 p. avec fig. (5252)

CADIAT (E.) et L. DUBOST. — Traité pratique d'électricité industrielle. 2e *édition*. In-8°, V-587 p. avec 222 fig. (6014)

CORNU (A.). — Etude des bandes telluriques a, B et A du spectre solaire. In-8°, 105 p. avec fig. et pl. 2 fr. 50. (3710)

Encyclopédie chimique, publiée sous la direction de M. Fremy. T. VIII. Chimie organique. Fascicule 6. Alcalis organiques. Première section : Alcalis organiques artificiels (première partie : Série grasse); par M. Edme Bourgoin, professeur à l'École supérieure de pharmacie. In-8°, 305 p. 12 fr. 50. (4485)

FERNET (E.). — Cours de physique pour la classe de mathématiques spéciales; par M. E. Fernet, inspecteur général de l'instruction publique. 3e *édition*, entièrement revue et modifiée. Fascicule 1. In-8°, p. 1 à 300. (1837)

FRIEDEL. — Cours de chimie organique professé à la faculté des sciences de Paris pendant le deuxième semestre 1884-1885, par M. Friedel, de l'Institut. Première partie : Série grasse. In-4°, 134 p. (6075)

GARBE (P.). — Recherches expérimentales sur le rayonnement. In-4°, 96 p. avec fig. (4499)

GÉRANDO (L. de). — Nouveaux procédés de régulation des galvanomètres (boussoles des tangentes); Nouvelles méthodes de détermination des forces électromotrices et de résistances des piles; Applications importantes à quelques parties des méthodes générales d'expérimentation. 2e *édition*, revue, corrigée et considérablement augmentée. In-8°, 36 p. avec fig. (648)

GRANDEAU (H.). — De l'action du sulfate de potasse à température élevée sur les phosphates métalliques. In-4°, 47 p. (3757)

GRANDVAL (A.) et H. LAJOUX. — Nouveau procédé pour la recherche et le dosage rapide de faibles quantités d'acide nitrique dans l'air, l'eau, le sol, etc. In-8°, 8 p. Reims. (125)

PALMIERI (L.). — Lois et origines de l'électricité atmosphérique; traduit de l'italien par MM. Paul Marcillac et A. Brunet. In-8°, VII-48 p. avec fig. 1 fr. 50. (4860)

RIVOT (L.-E.). — Docimasie : Traité d'analyse des substances minérales, à l'usage des ingénieurs des mines et des directeurs de mines et d'usines. 2e *édition*, revue sur les notes de l'auteur. In-8°. T. I (Métalloïdes), 583 p. et pl. T. II (Métaux alcalins; Métaux alcalins terreux; Métaux terreux; Applications), 681 p. et 3 pl. (1456)

—— T. III : Métaux proprement dits. In-8°, 568 p. (L'ouvrage formera 5 volumes et coûtera 50 fr.) (1936)

SERPIERI (A.). — Traité élémentaire des mesures absolues, mécaniques, électrostatiques et électromagnétiques, avec applications à de nombreux problèmes; traduit de l'italien et annoté par M. Paul Marcillac. In-8°, X-115 p. 3 fr. 50. (4902)

TYNDALL (J.). — Leçons sur l'électricité professées à l'Institution royale de la Grande-Bretagne, par John Tyndall; traduites de l'anglais par R. Francisque-Michel. 2e *édition*. In-18 jésus, VII-154 p. 2 fr. 75. (4918)

VERNEUIL (A.). — Recherches sur quelques combinaisons azotées du sélénium. In-4°, 88 p. (6215)

VIAL (L.-C.-E.). — La chaleur et le froid. Troisième supplément : Attraction moléculaire. In-8°, 150 p. (1753)

VILLOT (E.). — Notice sur un appareil nouveau pour l'analyse rapide des gaz. In-8°, 15 p. et pl. Marseille (Extr. du *Bull.*

de la Soc. scient. industrielle de Marseille.) (3638)

WURTZ (A.). — La théorie atomique. 4e *édition*, précédée d'une introduction sur la vie et les travaux de l'auteur, par Ch. Friedel, professeur à la Sorbonne. In-8°, LV-248 p. et pl. 6 fr. (4651)

3° *Minéralogie. — Géologie. — Paléontologie.*

BOSCOWITZ (A.). — Les tremblements de terre. In-8°, 396 p. avec 60 grav. (590)

BRONGNIART (C.). — Les insectes fossilles des terrains primaires, coup d'œil rapide sur la faune entomologique des terrains paléozoïques (avec 5 pl. en héliogravure). In-8°, 22. p. Rouen (Extr. du *Bull. de la Soc. des amis des sc. nat. de Rouen.*)(2029)

Catalogue minéralogique et pétrologique du Finistère ; par MM. Libert et Miciol. In-8°, 22 p. Morlaix. (Extr. du *Bull. de la Soc. d'études scient. du Finistère.*) (1562)

Catalogue de la collection de météorites du Jelien de Siemachko (Saint-Pétersbourg, Russie). In-8°, 16 p. (2260)

CHABRAND (E.). — Le bassin houllier des Alpes et les gîtes anthracifères du Briançonnais. In-8°, 26 p. (Extr. du *Génie civil.*) (6021)

CHOYER. — Les théories géologiques et les faits d'observation, ou la formation aqueuse de la terre. In-8°, 243 p. avec figures. Angers. (2949)

COLLARD (P.). et R. FORTIN. — Compte rendu de l'excursion de Pont-Audemer et St-Samson-la-Roque (31 mai 1885); par P. Collard. Suivi de la partie géologique, par R. Fortin. In-8°, 14 p. Rouen. (Extr. du *Bull. de la Soc. des amis des sc. nat. de Rouen.*). (2053)

CRUSSARD. — Guide minéralogique des instituteurs. In-4° à 2 col., 20 p. avec tableaux. Neufchâteau. (2489)

DAUBRÉE (A.). — Les Météorites et la constitution du globe terrestre. In-8°, 37 p. (3719)

FALLOT (J.-E.). — Étude géologique sur les étages moyens et supérieurs du terrain crétacé dans le sud-est de la France. In-8°, 265 p. avec 8 pl. et 71 fig. (2087)

FOUQUÉ. — Conférence sur les volcans, à la séance solennelle du 25 janvier 1885 de la Société industrielle du nord de la France. In-8°, 20 p. Lille. (102)

GIRARD (J.). — Recherches sur l'instabilité des continents et du niveau des mers. In-8°, 220 p. avec fig. (5053)

KROUSTCHOFF (K. de). — Note préliminaire sur la présence d'un nouveau minéral du groupe des spinellides dans le phonolithe d'Olbruck. In-8°, 44 p. avec fig. (Extr. du *Bull. de la Soc. franç. de minéralogie.*) (5809)

LAPPARENT (A. de). — Abrégé de géologie. In-12, VIII-352 p. avec 126 fig. et carte géologique en couleur. 3 fr. 75. (4294)

—— La formation des combustibles minéraux. In-8°, 23 p. (Extr. du *Correspondant.*) (5565)

MALLARD (E.). — Sur les hypothèses diverses proposées pour expliquer les anomalies optiques des cristaux. In-8°, 20 p. (Extr. du *Bull. de la Soc. franç. de minéralogie.*) (5831)

MICHEL-LÉVY (A.) et A. LACROIX. — Sur les minéraux du groupe de la humite des calcaires métamorphiques de diverses localités. In-8°, 4 p. (Extr. du *Bull. de la Soc. franç. de minéralogie.*) (6147)

PARANDIER. — Géologie de l'arrondissement de Dôle. In-8°, 15 p. Arbois. (3339)

POIRIER (G.). — Le Montois, esquisse géologique; première partie : craie blanche et argile plastique. In-8°, IV-128 p. et carte. (4604)

RAVERAT. — De Lyon à Châtillon-sur-Chalaronne par Marlieux et le chemin de fer à voie étroite, étude géologique, historique et descriptive du plateau de la Dombes, son passé, son présent, son avenir, avec carte. In-18, 93 p. Lyon. (5165)

RÉROLLE (L.). — Études sur les végétaux fossiles de Cerdagne. In-8°, 92 p. et 12 pl. (Extr. de la *Revue des sciences naturelles.*) (3603)

THOMAS (P.). — Recherches stratigraphiques et paléontologiques sur quelques formations d'eau douce de l'Algérie. In-4°, 67 p. et 10 pl. (Extr. des *Mém. de la Soc. géol. de France.*) (3204)

VALLOT (J.). — Guide du botaniste et du géologue dans la région de Cauterets. In-8°, XXVIII-331 p. 3 fr. 50. (795)

4° *Mécanique. — Exploitation des mines. — Droit des mines.*

AGUILLON (L.). — Caractère du décret du 3 janvier 1813. In-8°, 11 p. (Extr. de la *Revue de la législation des mines.*) (2966)

—— Législation des mines française et étrangère. Deuxième partie : Législation étrangère. (3e et dernier volume.) In-8°, 526 p. (Les 3 vol. se vendent 40 fr.) (5483)

ANNALES

DES MINES

—— *Northallerton*... Géologie de la région autour de Northallerton et de Thirsk. 1f,90.

—— *Explanatory memoir*... Mémoire explicatif pour accompagner les feuilles 42 et 43 de la carte géologique de l'Irlande, comprenant des parties des comtés de Sligo et de Leitrim. 2f,50.

—— *Sheet*... Feuille 12 et portion de la feuille 6 de la carte géologique d'Irlande. Environs de Limavady; par J. Nolan et F. W. Egan. 1f,25.

—— *Sheet*... Feuille 58 de la carte géologique de l'Irlande. Armagh, Fermanagh et Monaghan; par R. J. Cruise; avec notes paléontologiques par W. H. Bailey. 0f,75.

—— *Memoir*... Mémoire pour accompagner la feuille 44 de la carte géologique de l'Irlande, comprenant des portions des comtés de Fermanagh, Leitrim et Cavan. 0f,85.

Burnside and Panton. *The theory*... La théorie des équations, avec une introduction à la théorie des formes algébriques binaires. 2e édition. In-8°, 458 p. 15f,65.

Aveling. *Chimistry*... Chimie des corps non métalliques. In-8°, 216 p. 5f,65.

Prestwich. *Geology*... Géologie chimique, physique et stratigraphique. 2 vol. Vol. I, géologie chimique et physique. In-8°, 480 p. 31f,25.

Hadley. *Railroad*... Transport par chemins de fer; son histoire et ses lois. In-8°, 266 p. 7f,50.

Munro. *Sliding scale*... L'échelle mobile dans l'industrie du charbon. In-8°, 36 p. 1f25.

Parliamentary. Boiler explosions... Explosions de chaudières. Rapports pour 1884-85. 50 fr.

—— *Explosion*... Explosion à la houillère de Mardy, 25 déc. 1885. Rapport. 1f,80.

—— *Mines*... Accidents survenus dans les mines. Rapport final de la Commission. 14f,40.

—— *Colliery*... Explosion à la houillère d'Usworth, 2 mars 1885. Conclusion à ajournement. 1f,90.

—— *Railway*... Accidents de chemins de fer. Comptes rendus pour 1885 et rapport des inspecteurs. 4f,40.

—— —— ... Accidents de chemins de fer. Rapports jusqu'au 31 mars. 1f,05.

—— *Railways; continuous brakes*... Chemins de fer; freins continus. Rapport, juillet-décembre 1885. 1f,90.

Parliementary. Railways. Signal... Disposition des signaux. Rapport pour 1885. 1f,05.

GEIKIE (A.). *Class book...* Traité classique de géologie. In-8°, 532 p. avec fig. 11f,15.

GEIKIE (J.). *Outlines...* Principes de géologie. In-8°, 407 p. avec fig. 15 fr.

REYNOLDS. *Locomotive engine...* Conduite de la machine locomotive. 7e édition. In-8°, XIII-258 p. 4f,40.

—— *A practical manual...* Manuel pratique de l'ingénieur chargé de machines fixes. 3e édition, revue et augmentée. X-285 p. 4f,40.

MILNE. *Earthquakes...* Tremblements de terre et autres mouvements telluriques. In-8°, 364 p. avec 38 fig. 6f,25.

PUTCHETT. *Qualitative...* Analyse chimique qualitative, inorganique et organique. In-12, 46 p. 1f,25.

SHEPARD. *Elements...* Éléments de chimie inorganique, descriptive et qualitative. In-8°, 390 p. 8f,15.

WATT. *Electrodeposition...* Dépôts électrolytiques : traité pratique de l'électrolyse de l'or, argent, cuivre, nickel et autres métaux et alliages. In-8°, 576 p. avec fig. 15f,65.

SAWYER. *Accidents in mines...* Accidents dans les mines du bassin houiller du North-Staffordshire, provenant de chutes du toit ou des parois, leurs causes et les moyens d'en diminuer la fréquence. In-8°. 26f,25.

LOMAS. *A manual...* Manuel de l'industrie des alcalis, comprenant la fabrication de l'acide sulfurique, du sulfate de soude et de la poudre à blanchir. 2e édition, augmentée. In-8°, 390 p. 37f,50.

KAPP. *Electric transmission....* Transport de l'énergie par l'électricité, et ses transformation, subdivision et distribution. In-8°, 324 p. 9f,40.

SWINTON. *The elementary principles...* Les principes élémentaires de l'éclairage électrique. In-8°, 32 p. 1f,90.

ALDIS. *An elementary treatise...* Traité élémentaire d'optique géométrique. 2e édition, revue. In-8°, 192 p. 5 fr.

OUVRAGES AMÉRICAINS

BURCHARD. *Report of the director...* Rapport du directeur de la Monnaie sur la production des métaux précieux aux États-Unis pendant l'année 1884. In-8°, 644 p. Washington. 7f,50.

BOWIE. *A practical treatise...* Traité pratique de l'exploitation hydraulique des mines en Californie. In-12, 313 p. New-York. 31f,25.

RICKER. *Elementary graphic...* Statique graphique élémentaire et construction des combles; manuel théorique et pratique. In-8°, 158 p. New-York. 10f,65.

GRIMSHAW. *Steam-engine...* Catéchisme de la machine à vapeur. In-16. New-York. 5f,65.

HEMENWAY. *Indicator practice...* Emploi de l'indicateur et économie de la machine à vapeur. In-12, x-184 p. New-York. 10f,65.

HUDSON. *Tables...* Tables pour calculer le volume des déblais et des remblais. 2e édition, revue et augmentée. In-8°, 79 p. New-York. 5f,65.

LANZA. *Applied mechanics...* Mécanique appliquée et résistance des matériaux. In-8°. New-York. 26f,25.

BURR. *The Hudson river...* Le tunnel de la rivière d'Hudson et sa méthode de construction. In-4°, 100 p. avec 27 pl. New-York. 13f,15.

SINCLAIR. *Locomotive engine...* Marche et conduite de la machine locomotive. 5e édition. In-12. New-York. 10f,65.

THURSTON. *A treatise...* Traité du frottement et de la perte de force dans les machines et les moulins. In-8°. New-York. 15f,65.

REMSEN. *An introduction...* Introduction à l'étude de la chimie. In-12. New-York. 9f,40.

United States Geological Survey. Bulletin... Bulletins nos 7 à 23. In-8°. Washington.

—— WALCOTT. *Paleontology...* Paléontologie du district d'Eureka, Nevada. Monographie n° 8. In-4°, XIV-298 p. avec 24 pl. Washington.

—— WILLIAMS. *Mineral resources...* Richesses minérales des États-Unis, 1883-84. In-8°, XIV-1.016 p. Washington.

COPP. *American mining...* Code minier américain. In-8°, 149 p. Washington. 3f,75.

OUVRAGES SUISSES.

De Loriol. Premier supplément à l'échinologie helvétique. Genève. In-4°, 25 p., avec 3 pl. 8 fr. (Extr. des *Mém. de la Soc. paléontol. suisse.*)

Maillard. Invertébrés du Purbeckien du Jura. Monographie. Supplément. Genève. In-4°, 24 p. avec 1 pl. 4 fr. (Extr. du même recueil.)

Ritter. *Der elastische Bogen...* L'arc élastique, calculé avec l'aide de la statique graphique. Zürich. In-8°, IV-64 p. avec 20 fig. et 2 pl. 3f,25.

OUVRAGES ALLEMANDS.

Handwörterbuch, neues... Dictionnaire nouveau de chimie; composé et rédigé par *H. v. Fehling* et *C. Hell*, avec le concours de Baumann, Bunsen, Fittig, etc. Brunswick. In-8°. Livraisons 48 et 49 (T. IV, p. 721-912). Chaque livraison, 3 fr.

Jürgens. *Beiträge...* Contribution à la connaissance de l'alcaloïde de l'aconit napel. Saint-Pétersbourg. In-8°, 45 p. 1f,25.

Kleyer. *Lehrbuch...* Traité des équations du 1er degré à une inconnue. Stuttgart. In-8°, X-460 p. 10 fr.

—— *Lehrbuch...* Traité de stéréométrie. Livres 1 et 2. Stuttgart. In-8°. 16f,25.

v. Kœnenn. *Uber eine...* Sur une faune paléocène de Copenhague. Gœttingen. In-4°, 128 p. avec 5 pl. 7f,50.

Langsdorff. *Gang und Schichten-Studien...* Études sur les filons et les couches de l'Oberharz occidental; avec une carte géologique du nord du Harz occidental. Clausthal. In-8°, XI-47 p. 8f,15.

Laube. *Ein Beitrag...* Contribution à la connaissance des poissons du turonien de Bohême. Vienne. In-4°, 14 p. avec 1 pl. 2f,25.

Martini und Chemnitz. *Systematisches Conchylien-Cabinet...* Collection systématique de coquilles. Publié et complété par *H.-C. Küster*, en collaboration avec Philippi, L. Pfeiffer, Dunker, etc., continué après sa mort par *W. Kobelt* et *H.-C. Weinkauff*. Nüremberg. In-4°. Livraison 334; 32 p. avec 5 pl. 11f,25.

v. Oppolzer. *Ueber die Auflösung...* Sur la solution du problème de Képler. Vienne. In-4°, 59 p. 4 fr.

Quenstedt. *Die Ammoniten...* Les ammonites du jurassique de la Souabe. Livraisons 8 à 10. Stuttgart. In-4°. T. I, p. 337-488, avec 18 pl. Chaque livraison 12f,50.

Stelzner. *Beiträge...* Contributions à la géologie et à la paléontologie de la République Argentine. I. Partie géologique. Cassel. In-4°, xxix-329 p. avec 3 planches de coupes et une carte géol. 35 fr.

Toula und Kail. *Ueber einen...* Sur un crâne de crocodile des dépôts tertiaires d'Eggenburg, dans la Basse-Autriche. Vienne. In-4°, 60 p., avec 3 pl. 6f,50.

Fritsch. *Fauna der Gaskohle...* Faune des charbons à gaz et des calcaires de la formation permienne de Bohême. T. II, fasc. 2. Prague. In-8°, p. 33-64, av. 10 pl. 40 fr.

Lipschitz. *Untersuchungen...* Recherches sur les sommes de carrés. Bonn. In-8°, iii-147 p. 6f,25.

Molien. *Ueber die lineare...* Sur la transformation linéaire des fonctions elliptiques. Dorpat. In-4°, 23 p. 1f,25.

Veltmann. *Ausgleichung...* Compensation des erreurs d'observation d'après le principe des moyennes symétriques. Marbourg. In-8°, 43 p. 1f,50.

Borchardt. *Die Entwickelung...* Le développement de la formule pour la mesure des hauteurs par le baromètre. Berlin. In-8°, 58 p. 1f,50.

v. Escherich. *Zur Theorie...* Contribution à la théorie des équations différentielles linéaires. Vienne. In-4°, 22 p. 1f,50. (Extr. des *Denkschr. d. k. Akad. d. Wissenschaften.*)

Hullmann. *Die Gay-Lussac'sche...* La formule de Gay-Lussac. Oldenbourg. In-8°, 39 p. 1f,25.

Körnich. *Geologische Skizze...* Esquisse géologique des Alpes occidentales. Meissen. In-8°, iii-40 p. av. une carte. 2f,50.

Noback. *Der Braunkohlen-Reichthum...* La richesse en lignite et les chemins à lignite de la Bohême. Vienne. In-8°, 35 p., av. une carte d'ensemble. 1f,50.

Roscoe und Schorlemmer. *Ausführliches Lehrbuch...* Traité complet de chimie. T. IV, 1re partie. Brunswick. In-8°, 336 p. 8f,15.

Wahnschaffe. *Die geologischen Verhältnisse...* La constitution géologique des environs de Rathenow. Rathenow. In-8°, 28 p., av. 1 carte. 1f,25.

Zenger. *Die Meteorologie...* La météorologie du soleil et de son système. Vienne. In-8°, xxii-231 p., avec 5 fig. et 4 pl. 6f,25.

ZITTEL. *Handbuch*... Manuel de paléontologie, publié avec le concours de *W.-P. Schimper*, *A. Schenk*, et *S.-H. Scudder*... Ire section, Paléozoologie, 9e livraison. IIe section, Paléophytologie, 4e livraison. Münich. In-8°. T. II, p. 723-893 av. 215 fig.; p. 333-396 av. 26 fig. 12f,50.

BAUER. *Lehrbuch*... Traité de minéralogie. Berlin. In-8°, XI-562 p., av. 588 fig. 15 fr.

BURCKHARDT. *Lehrbuch*... Traité de stéréométrie. Leipzig. In-8°, VI-133 p. av. fig. 9f,40.

ERLENMEYER. *Lehrbuch*... Traité de chimie organique. 2e partie : Les combinaisons aromatiques. Commencé par *Rich. Meyer*, continué par *H. Goldschmidt*. T. I, 5e livraison. Leipzig. In-8°, p. 641-800. 3f,75.

KILLING. *Zur Theorie*... Contributions à la théorie des groupes de transformation de Lie. Braunsberg. In-4°, 17 p. 2 fr.

v. KRIES. *Die Principien*... Les principes du calcul des probabilités. Fribourg-en-Brisgau. In-8°, XII-298 p. 7f,50.

TURNER. *Die Kraft*... La force et la matière dans l'espace; bases d'une nouvelle théorie de la création. Leipzig. In-8°, XLVI-218 p. av. 10 pl. 7f,50.

WISLICENUS. *Beitrag*... Contribution à la détermination de la durée de la rotation de la planète Mars. Leipzig. In-4°, 71 p. av. 1 pl. 5 fr.

F. E. GEINITZ. *Beitrag zur Geologie*... Contribution à la géologie du Mecklembourg. VIII. Sur quelques rares galets sédimentaires du Mecklembourg. Güstrow. In-8°, 30 p. 1f,25. (Extr. des *Archiv d. Vereins d. Freunde d. Naturgesch. in Mecklemburg*).

GOLDSCHMIDT. *Index*... Index des formes cristallines des minéraux. 1re livraison. Berlin. In-8°. T. I., p. 1-288. 18f,75.

KAISER. *Ueber Mononitroderivate*... Sur des mononitrodérivés des acides para- et méta-acétamidobenzoïque, ainsi que sur leurs produits de réduction. Alfeld. In-8°, 50 p. 1f,50.

KERZ. *Ueber die Entstehung*... Sur l'origine des corps qui se meuvent autour du soleil. Leipzig. In-8°, VIII-79 p. 2f,25.

KLEBS. *Das Tertiär*... Le tertiaire d'Heislberg dans la Prusse orientale. Berlin. In-8°, 47 p. av. 5 pl. 2f,50. (Extr. des *Jahrbücher d. k. pr. geol. Landesanstalt.*)

KOCH. *Die Ringicula*... La Ringicula du tertiaire du nord de l'Allemagne, étude paléontologique. Güstrow. In-8°, 18 p. 1f,90. (Extr. des *Archiv d. Vereins d. Freunde d. Naturgesch. in Mecklemburg.*)

NEUMANN. *Ueber die Kugelfunctionen*... Sur les fonctions sphéri-

ques P_n et Q_n, particulièrement sur le développement des expressions $P_n\left(zz_1+\sqrt{1-z^2}\sqrt{1-z_1^2}\cos\varphi\right)$ et $Q_n\left(zz_1+\sqrt{1-z^2}\sqrt{1-z_1^2}\cos\varphi\right)$ suivant les cosinus des multiples de φ. Leipzig. In-8°, 76 p. 3 fr. (Extr. des *Abhandl. d. k. sächs. Gesellsch. d. Wissenschaften.*)

POSADSKY. *Practische Modification...* Modification pratique de la méthode de Pettenkofer-Nagorsky pour la détermination de la teneur en acide carbonique de l'air. Saint-Pétersbourg. In-8°, 41 p. 1f,90.

SCHREYER. *Erdmagnetische...* Observations sur le magnétisme terrestre dans le royaume de Saxe. Freiberg. In-4° 40 p. av. 3 pl. 2 fr.

SCHWALBE. *Ueber Eishöhlen...* Sur les cavernes à glace et les trous à glace, avec quelques remarques sur les ventâroles et les basses températures du sol. Berlin. In-8°, 57 p. 1f,75.

SEIPP. *Beiträge...* Contributions à la connaissance des propriétés du triangle plan. Halle. In-4°, IV-86 p., av. 3 pl. 5 fr.

SUCHSLAND. *Die gemeinschaftliche...* Explication des circonstances habituelles des météores électriques et de la grêle. Halle. In-8°, IV-59 p. 1f,50.

UHLICH. *Altes und Neues...* Anciennetés et nouveautés sur l'étude des points remarquables du triangle. Grimma. In-4°, 34 p., av. 1 pl. 1f25.

VELTMANN und KOLL. *Formeln...* Formules des mathématiques élémentaires et supérieures, ainsi que de la théorie des erreurs d'observation et de leur compensation par la méthode des moindres carrés. Bonn. In-8°, 47 p. 3f,75.

WEIERSTRASS. *Abhandlungen...* Mémoires sur la théorie des fonctions. Berlin. In-8°, VII-262 p. 15 fr.

WEINSTEIN. *Handbuch...* Manuel des déterminations des mesures physiques. T. I. Les erreurs d'observation, leur recherche et leur compensation. Berlin. In-8°, XX-524 p. 17f,50.

BRESLAUER. *Die chemische Beschaffenheit...* La composition chimique de l'air en Brandebourg. Berlin. In-8°, 10 p. 1f,25. (Extr. de la *Deutsche Chemiker-Zeitung.*)

CARTHAUS. *Mittheilungen...* Communications sur la formation triasique dans le nord-est de la Westphalie et dans quelques pays limitrophes. Würzbourg. In-8°, 71 p., av. 1 pl. 4f,75. (Extr. des *Verhandl. d. phys.-medic. Gesellsch. zu Würzburg.*)

SANDBERGER. *Die Verbreitung...* La répartition des mollusques dans quelques districts naturels de la Basse Franconie et ses

rapports avec la faune pleistocène. Würzbourg. In-8°, 24 p. 1f,25. (Extr. du même recueil.)

BACH. *Die Wasserräder*... Les roues hydrauliques. Stuttgart. In-8°, VII-428 p. av. fig. et un atlas de 25 pl. 45 fr.

GRASHOF. *Theoretische*... Cours théorique de machines. T. III, 1re livraison. Hambourg. In-8°, 160 p. av. fig. 5 fr.

SCHÆDLER. *Die Technologie*... Technologie des graisses et huiles fossiles (huiles minérales), ainsi que des graisses et huiles de résine. Livraison 3. Leipzig. In-8°, p. 321-480 av. fig. et pl. 5 fr.

UHLAND. *Handbuch*... Manuel pratique du constructeur de machines. Livraisons 41-48 (Vol. suppl., livraisons 4-11). Leipzig. In-4°. Chaque livraison 3f,75.

v. EHRENVERTH. *Das Eisenhüttenvesen*... La situation de la métallurgie du fer en Suède. Leipzig. In-8°, VII-128 p. av. 12 pl. 10f,65.

FRÖLICH. *Die dynamoelektrische*... La machine dynamo-électrique. Berlin. In-8°, IX-230 p. av. 64 fig. 10 fr.

v. INKEY. *Nagyág und seine*... Nagyag et ses gîtes métallifères. Bude-Pesth. In-4°, VIII-175 p. av. 4 cartes et 23 fig. 7f,50.

UHLICH. *Die Festigkeitslehre*... La théorie de la stabilité et ses applications. Mitweida. In-8°, VIII-150 p. av. 126 fig. 4f,40.

HERING. *Bessemern*... Bessemer et électrolyse pour les minerais de cuivre, de nickel et de plomb. Freiberg. In-8°, 25 p. 2f,50.

v. KERPELY. *Bericht*... Rapport sur les progrès de la technique sidérurgique en 1883. Leipzig. In-8°, VIII-320 p. av. 10 pl. 23f,75.

OTTO. *Schlagwetter*... Le grisou, et pas de fin aux recherches. Berlin. In-8°, IV-111 p. 3 fr.

KIRSCH. *Die Bewegung*... Le mouvement de la chaleur dans les parois des cylindres de machines à vapeur. Leipzig. In-8°, IX-100 p. av. 7 pl. 7f,50.

KÖHLER. *Die Störungen*... Les dérangements des filons, couches et gîtes. Leipzig. In-8°, V-32 p. avec 55 fig. 1f,25.

Sicherheitslampen... Les lampes de sûreté dans l'exploitation des mines de houille; rapport de la Commission prussienne du grisou. Berlin. In-8°, VII-221 p. av. atlas de 66 pl. 30 fr.

WOLF. *Beschreibung*... Description du district minier de Hamm sur la Sieg. Bonn. In-8°, III-138 p. av. 2 cartes et 4 pl. 5 fr.

HEINZERLING. *Die Gefahren*... Les dangers et les maladies dans l'industrie chimique et les moyens de les prévenir et d'y remé-

dier. Halle. In-8°. Fasc. 6, XVI p. et p. 351-470. 3f,75. — Fasc. 7, p. 1-96. 2f,50.

BURMESTER... *Lehrbuch*... Traité de cinématique. T. I; Mouvement plan. Livraison 1. Leipzig. In-8°, 256 p. av. 18 pl. 20 fr.

DÜRRE. *Die Anlage*... Etablissement et exploitation des usines à fer. Leipzig. In-4°. Livraisons 24-26. 7f,50.

OUVRAGES ROUMAINS.

FLORU DIANU. *Salinele romane*... Les salines roumaines, étude technique et économique. Bucharest. In-8°, 71 p. av. 8 pl.

OUVRAGES ITALIENS.

CASALI. *Il passato*... Le passé, le présent et l'avenir de la chimie. Ferrare. In-8°, 57 p.

CASORATI. Les fonctions d'une seule variable à un nombre quelconque de périodes. Milan. In-8°, 15 p. av. 2 pl.

CASSANI. *La geometria*... La géométrie pure euclidienne des espaces supérieurs. Venise. In-8°, 50 p. (Extr. de l'*Ateneo Veneto*.)

ROSTER. *Il pulviscolo*... Les poussières atmosphériques et leurs microorganismes, étudiés au point de vue physique, chimique et biologique. Florence. In-8°, XXX-374 p. av. 16 pl. 9 fr.

BREYMANN. *Trattato*... Traité de constructions civiles. Milan. In-4°. Vol. II, fasc. 35-36, p. 169-192. Vol. III, fasc. 33-34, p. 25-48. Vol. IV, fasc. 12-15, p. 169-192. Chaque fascicule 2 fr.

DORNA. *Elementi*... Eléments de mécanique rationnelle. Turin. In-8°, 423 p.

PASQUALINI e ROITI. *Osservazioni*... Observations continues de l'électricité atmosphérique faites à Florence en 1884; 2e mémoire. Florence. In-8°, 10 p.

SPEZIA. *Sull' importanza*... Sur l'importance des études minéralogiques pour la géologie. Turin. In-8°, 28 p.

Note sui grandi lavori... Notes sur les grands travaux de canaux navigables dans les différents pays du monde. Rome. In-8°, 13 p.

CAVAZZI. *Azione...* Action du gaz hydrogène phosphoré sur l'acide sulfurique. Bologne. In-4°, 7 p. (Extr. des *Mem. della R. Accad. d. scienze dell' Istit. di Bologna.*)

— *Metodo...* Méthode pour préparer le protochlorure de cuivre. Bologne. In-4°, 7 p. (Extr. du même recueil.)

RICCARDI. *Costruzione...* Construction de bases géodésiques stables. Bologne. In-4°, 7 p. (Extr. du même recueil.)

GOTTARDI. *Briozoi...* Bryozoaires fossiles de Montecchio maggiore. Padoue. In-8°, 14 p. av. 1 pl. (Extr. des *Atti della Soc. veneto-trentina d. scienze nat.*)

RETALI. *Sopra la proiezione...* Sur la projection imaginaire des surfaces du second ordre et des courbes gauches du quatrième ordre. Bologne. In-8°, 15 p. (Extr. du *Rendiconto d. sess. della R. Accad. d. scienze dell' Instit. di Bologna.*)

— *Osservazioni...* Observations sur la projection imaginaire des courbes du second degré. Bologne. In-8°, 8 p. (Extrait du même recueil.)

Relazione statistica... Rapport statistique sur la construction et sur l'exploitation des chemins de fer italiens en 1884. Ministère des travaux publics; direction générale des chemins de fer). Rome. In-4°, 581 p.

UZIELLI. *Osservazioni...* Observations sur quelques principes d'hydraulique théorique et pratique en rapport avec les conditions des fleuves de la Haute-Italie. Florence. In-8°, 56 p. (Extr. des *Atti del colleg. d. architetti ed ingegneri in Firenze.*)

Manuale... Manuel théorique et pratique de l'électricien. Milan. In-16°, XLII-356 p. av. 86 fig. 3 fr.

CARDANI. *Sulla variazione...* Sur la variation du diamètre des étincelles avec le potentiel et avec la résistance. Palerme. In-4°, 11 p. (Extr. du *Giorn. d. scienze natur. ed economiche.*)

GEMELLARO. *Sopra taluni...* Sur quelques Harpocératidés du lias supérieur des environs de Taormine. Palerme. In-4°, 18 p. (Extr. du même recueil.)

COBELLI. *Le marmitte...* Les marmites de géants de la vallée Lagarina. Rovereto. In-8°, 12 p. av. 1 pl.

MARIANINI. *Sopra una maniera...* Sur une manière d'expliquer un phénomène de magnétisme. Modène. In-8°, 9 p.

PADOVA. *Sul moto..* Sur le mouvement de rotation d'un corps rigide. Turin. In-8°, 12 p. (Extr. des *Atti della R. Accad. d. scienze di Torino.*)

PITTALUGA. *Su alcuni casi...* Sur quelques cas de diffraction lumineuse. Savone. In-8°, 31 p.

TRABUCCO. *I fossili...* Les fossiles des Pampas recueillis par l'expédition antarctique italienne et donnés au musée géologique de l'Université de Gênes. Gênes. In-8°, 31 p.

VECCHI. *La teoria...* La théorie géométrique actuelle des restitutions prospectives, revue et corrigée. Parme. In-4°, 63 p. av. 3 pl. 4 fr.

CHIARLE. *Il calcolo...* Le calcul graphique pour les mouvements de terre. Rome. In-8°, 28 p. av. 2 pl. (Extr. de la *Rivista d'artiglieria e genio.*)

AGRESTINI. *Dosamento...* Dosage du bioxyde de zirconium en présence de l'acide titanique. Urbino. In-8°, 7 p.

FRACASTORO. *Dei parafulmini...* Des paratonnerres; règles pratiques pour leur construction, et systèmes divers. Vérone. In-16, 57 p. 2 fr.

BRUNO. *Sopra un punto...* Sur un point de la théorie des fractions continues. Turin. In-8°, 7 p. (Extr. des *Atti della R. Accad. d. scienze di Torino.*)

SIACCI. *Sulla rotazione...* Sur la rotation d'un corps autour d'un point. Turin. In-8°, 7 p. (Extrait du même recueil.)

SPEZIA. *Sulla flessibilità...* Sur la flexibilité de l'itacolumite. Turin. In-8°, 6 p. av. pl. (Extr. du même recueil.)

SEGRÈ CORRADO. *Sulle varietà...* Sur les variétés normales à trois dimensions composées de séries simples rationnelles de plans. Turin. In-8°, 23 p. (Extr. du même recueil.)

—— *Le coppie...* Les couples d'éléments imaginaires dans la géométrie projective synthétique. Turin. In-4°, 24 p. (Extr. des *Mem. della R. Accad. d. scienze di Torino.*)

MALAGEVOLI. *Datolite...* Datolite de Toggiana (Apennin de Modène). Modène. In-8°, 12 p. av. pl. (Extr. des *Atti della Soc. d. naturalisti di Modena.*)

PANTANELLI. *Nuovo lembo...* Nouvelle lisière des calcaires à radiolaires. Modène. In-8°, 2 p. (Extrait du même recueil.)

— *Sul grigio...* Sur le gris des argiles. Modène. In-8°, 3 p. (Extr. du même recueil.)

PROVENZALI. *Sulla transparenza...* Sur la transparence de l'eau de mer. Rome. In-4°, 12 p. (Extr. des *Atti dell' Accad. pontif. d. Nuovi Lincei.*)

RUFFINI. *Della raggione...* Du rapport des rayons de courbure d'une ligne plane avec ceux de sa développée. Bologne. In-4°,

18 p. (Extr. des *Mem. della R. Accad. d. scienze dell' Istit. di Bologna.*)

De Gregorio. Monographie des fossiles de Ghelpa du sous-horizon ghelpin de Grec (zone à *Posidonomya alpina* Auct.; zone à *Terebratula curviconcha* Oppel; zone à *Stephanoceras Brongniarti* Sow.). Palerme. In-4°, 28 p. av. 5 pl.

— *Nota...* Notes sur quelques fossiles du mont Erice de Sicile, du niveau alpinien de Grec (Jura-Lias des auteurs) et précisément du sous-horizon grappin de Grec (zone à *Harpoc. Murchisonæ* Sow. et *H. bifrons* Brug.) Turin. In-4°, 14 p. av. 2 pl. (Extr. des *Mem. della R. Accad. d. scienze di Torino.*)

— *Iconografia...* Iconographie de la faune de l'horizon alpinien (Jura inf.-Lias sup.). Palerme. In-4°, 15 p. avec 30 pl.

Guareschi. *Nuove ricerche...* Nouvelles recherches sur la naphtaline. Turin. In-8°, 15 p. (Extr. des *Atti della R. Accad. d. scienze di Torino.*)

Guidi. *Sulla curva...* Sur la courbe des pressions dans les arcs et dans les voûtes. Turin. In-4°, 20 p. av. pl. (Extr. des *Mem. della R. Accad. d. scienze di Torino.*)

Alessandri. *Relazione...* Relation des expériences faites avec la nouvelle voiture à polygone articulé de l'invention de l'ing. Giacinto Frascara. Florence. In-8°, 21 p. (Extr. des *Atti del colleg. d. architetti ed ingegneri in Firenze.*)

Artimini. *Metodo...* Méthode pour mesurer la dilatation thermique des corps solides et description de nouveaux instruments thermiques enregistreurs. Florence. In-4°, 44 p. av. 3 pl.

Beltrami. *Sull' interpretazione...* Sur l'interprétation mécanique des formules de Maxwell. Bologne. In-4°, 38 p. (Extr. des *Mem. della R. Accad. d. scienze dell' Istit. di Bologna.*)

Dainelli. *Sul movimento...* Sur le mouvement d'un point pesant sur des droites inclinées dans le vide et sans frottement. Bologne. In-8°, 9 p. (Extr. du *Rendiconto d. sess. della R. Accad. d. scienze dell' Istit. di Bologna.*)

Favaro. *Le fonti...* Les fontaines de Copernic suivant les dernières études de Leopoldo Prowe. Rome. In-4°, 8 p. (Extr. du *Bullett. d. bibliogr. e storia delle scienze matem. e fis.*)

Guareschi. *Sulla y dicloronaftalina...* Sur l'*y*-dichloronaphtaline et l'acide orthomonoclorophtalique. Turin. In-8°, 10 p. (Extr. des *Atti della R. Accad. d. scienze di Torino.*)

Grant. *Le tranvie...* Les tramways à traction funiculaire souterraine. Rome. In-8°, 6 p.

CEREBOTANI. *La tachimetria...* La tachymétrie sans stadia. Vérone. In-16, IX-93 p.

LOTTI. *Descrizione geologica...* Description géologique de l'île d'Elbe, publiée par les soins du service R. géologique, avec une carte géol. et 6 pl. Rome. In-8°, XII-254 p.

OLIVERO. *Orografia...* Orographie de l'Italie: notes géologiques. Novare. In-8°, 103 p. av. 3 pl.

PIUMA. *Intorno a due...* Sur deux classes d'intégrales exprimables avec les seuls logarithmes. Gênes. In-4°, 12 p.; 10 p.

BELLUCCI. *Materiali...* Matériaux paléoethnologiques de la province de l'Ombrie. Livraison 3, av. 4 pl. Rome. In-4°, p. 49-72, pl. IX-XII. 1f,70.

BERTELLI. *Risposta...* Réponse à quelques objections répétées contre les observations microsimiques à l'occasion du tremblement de terre d'Ischia de 1883, et opinions que l'auteur regarde comme plus probables au sujet du volcanisme ancien et moderne de la terre. Rome. In-4°, 57 p. av. 2 pl.

CAPELLINI. *Sopra resti...* Sur des restes d'un sirénien fossile (*Metaxytherium Lovisati* Cap.), recueilli au mont Fiocca près Sassari en Sardaigne. Bologne. In-4°, 17 p. av. pl. (Extr. des *Mem. della R. Accad. d. scienze dell' Istit. di Bologna.*)

GRÜNWALD. *Dei sistemi...* Des systèmes numériques à base imaginaire. Brescia. In-8°, 14 p.

PIZZI. *I peri...* Les poids atomiques et les propriétés physiques principales des corps indécomposés. Tabl. I à III. Reggio nell' Emilia. In-4°, 3 vol. av. 3 pl. 6f,50.

RAIMONDI. *Di un scheletro...* Sur un squelette fossile de la Pampa. Gênes. In-8°, 32 p. (Extr. du *Giorn. d. Societa di letture e convers. scientif.*)

DE STEFANI. *La superficia...* La surface de la terre. Florence. In-16, 102 p. 0f,50.

CAPELLI e GARBIERI. *Corso...* Cours d'analyse algébrique. T. I. Padoue. In-8°, VII-511 p. 12 fr.

STOPPANI. *L'ambra...* L'ambre en histoire et en géologie. Milan. In-8°, XXI-277 p. 6 fr.

GARUFFA. *La fonderia...* La fonderie de l'acier; guide pratique pour la production de l'acier sans soufflures. Milan. In-8°, IX-222 p. 6 fr.

ARZELA. *Sui prodotti...* Sur les produits infinis. Bologne. In-8°, 11 p. (Extr. du *Rendiconto d. sess. della R. Accad. d. scienze dell' Istit. di Bologna.*)

TIVOLI. *Sopra l'arseniuro*... Sur l'arséniure d'or. Bologne. In-8°, 7 p. (Extr. du même recueil.)

FAGGIOTTO. *Diedrimetria*... Diédrimétrie des cristaux microscopiques et proposition d'une nouvelle méthode. Reggio-Calabria. In-8°, 14 p.

SABBIA. *Sul principio*... Sur le principe des énergies physiques : étude. Spezia. In-8°, 14 p.

TORTAROLO. *Generalità*... Généralités sur les ponts en fer. Parme. In-8°, 32 p. 1f,50.

ANNALES

DES MINES

NOTE

SUR LA GÉOLOGIE

DU BASSIN HOUILLER DE FÜNFKIRCHEN

Par M. BEAUGEY, ingénieur des mines.

La ville de Fünfkirchen (en hongrois : Pecs) est située en Hongrie, au sud de Budapest, par 15° 54′ de longitude est de Paris et 46° 6′ de latitude, dans le comitat de Baranya, dont elle est le chef-lieu.

Depuis longtemps on avait trouvé, dans les vignes qui l'entourent, des affleurements de charbon; mais on ne pensa à utiliser ce combustible qu'au commencement du siècle. En 1807, la Chambre hongroise fonda une forge alimentée par une mine qu'elle créa à Vasas ; on extrayait, avec le charbon, un schiste qui était employé à la fabrication de l'alun et du sulfate de fer. Vers 1840, vingt et un entrepreneurs organisèrent de petits sièges d'extraction à Szabolcs, Vasas, Szasz, Nagy-Manyok, sur les indications de la Direction générale des mines de

Fünfkirchen, créée en 1807. En 1845, une compagnie de navigation du Danube essaya le combustible au chauffage de ses bateaux, et, en 1848, une société l'employa dans une usine à fer qu'elle établit à Fünfkirchen.

La prospérité du bassin ne date que de 1850, époque à laquelle la Société actuelle de navigation du Danube fit l'acquisition de la plupart des mines existantes, et les organisa de manière à obtenir une production plus importante et à arriver en même temps à un prix de revient moins élevé. En 1854, elle créa un chemin de fer de 5 kilomètres, allant des mines à Uszok, et en 1857, elle ouvrit la ligne d'Uszok à Mohacs, sur le Danube, d'une longueur de 45^{km},9. La ligne d'Uszok à Barcs, ouverte en 1868, et la construction simultanée par la Südbahn de la ligne de Barcs à Kanisza, relièrent les mines au réseau général des chemins de fer. On construisit ensuite un nouvel embranchement d'Uszok à Szabolcs, et enfin Fünfkirchen fut mis en communication avec Budapest par une ligne directe.

DESCRIPTION GÉOLOGIQUE.

Le comitat de Baranya est en grande partie formé de plaines et de collines ; il existe cependant trois groupes de montagnes assez importantes, situées d'une part au nord-est, entre Monostor et Battina, d'autre part entre Villany et Hegy-St-Marton, et enfin entre Megyefa et Nadasd. C'est au pied de ces dernières que se trouve la ville de Fünfkirchen ; aussi les appelle-t-on montagnes de Fünfkirchen, ou, du nom d'un des principaux sommets, monts Mecsek. C'est dans le massif des monts Mecsek, dont la géologie est en outre spécialement intéressante, en particulier au point de vue des formations tertiaires et des roches éruptives, qu'on rencontre la formation

houillère. Ces montagnes, qui s'étendent au nord de Fünfkirchen, et qui comprennent des sommets assez importants (mont St-Jacob, 590m, mont Mecsek, 610m), se dirigent sensiblement du S.-O. au N.-E.; à l'ouest, leur hauteur diminue, et à deux milles de la ville, elle n'est plus que de 300m (Kleinsteinberg, 297m), et finalement elles aboutissent à la plaine par des collines. Au Nord-Est, vers Vasas, où se trouvent des roches éruptives, elles s'élèvent davantage, et le mont Zengovar atteint 708m; c'est le point le plus haut du massif. A partir de là, la chaîne se divise en deux, dont l'une se dirige au nord vers Szasvar, tandis que l'autre s'étend vers Nadasd, en se terminant par le Kirchenberg (453m).

Dans la description qui va suivre, faite d'après les travaux de MM. J. Böckh, Hoffmann, Hantken, Peters, etc. (*), nous n'étudierons avec quelque détail que les formations développées au voisinage immédiat du bassin houiller et de la ville de Fünfkirchen, c'est-à-dire le permien, le trias, le lias et le tertiaire; nous ne ferons que mentionner le dogger, le malm et le crétacé, et nous ne nous occuperons guère de la partie nord du massif des monts Mecsek qu'en ce qui concerne les roches éruptives, qui y sont très importantes.

FORMATIONS SÉDIMENTAIRES.

Permien.

Les terrains les plus anciens du massif des monts Mecsek affleurent en divers points sur les collines situées

(*) Je citerai notamment : J. Böckh, *Geologische und Wasser-Verhältnisse der Umgebung der Stadt Fünfkirchen* (*Mitth. aus dem Jahrb. d. König. geol. Anstalt*); Hantken, *Die Kohlenflötze und der Kohlenbergbau in den Ländern der ungarischen Krone;* Peters, *Ueber den Lias von Fünfkirchen.* (*Sitzungsberichte des Kais. Akademie der Wissenchaften*, 46e v.)

au sud du mont Saint-Jacob, et consistent en grès bruns jaunâtres ou gris, souvent à très gros grain, passant même au conglomérat, qui sont parfois rouges et contiennent fréquemment des particules de feldspath décomposé. Avec ces grès alternent des couches d'argiles schisteuses micacées et de grès schisteux également micacés, renfermant des débris de troncs d'arbre pyritisés, qui, au microscope, montrent la plus grande analogie avec *Araucarites Schrollianus* Gœpp. On a découvert dans l'argile schisteuse une flore étudiée par Heer, et comprenant : *Ulmannia Bronni* Gœpp., *U. lycopodioides* Brong., *Voltzia*, vraisemblablement *V. lanceolata*. Il existe aussi dans les grès des nodules de dolomie noire et des traces de charbon qui ont autrefois donné lieu à quelques recherches, restées d'ailleurs sans résultats. M. J. Böckh a été conduit à placer cette formation, située au-dessous du *bunter sandstein*, dans le permien supérieur.

Trias.

I. — Trias inférieur.

1° *Grès bigarré*

Verrucano. — On rencontre le long du versant sud du mont Saint-Jacob, qui s'élève brusquement au-dessus des collines bordant la route de Fünfkirchen à Szigetvar, un conglomérat quartzeux à gros éléments et en bancs puissants, situé entre le grès permien et le grès du mont St-Jacob, désigné par J. Böckh sous le nom de *verrucano*, à cause de sa grande ressemblance avec la formation alpine de ce nom. Les éléments atteignent la grosseur de la tête, et avec le quartz qui domine, on trouve des fragments de porphyre quartzifère, ainsi que des *Araucarites* pyritisés qui paraissent être dans un second gisement.

Grès du mont St-Jacob. — Au-dessus du *verrucano* se trouve un grès quartzeux rouge, plus compact que le grès permien, contenant des particules de feldspath altéré, et parfois des parties rouges ou vertes d'argile schisteuse qui lui donnent un aspect tacheté, tantôt à gros grain, tantôt à grain fin, en bancs puissants, ou en couches minces et micacées : au voisinage du *verrucano*, il passe souvent à un conglomérat ; à la partie supérieure le grain devient plus fin, l'épaisseur des couches diminue, en même temps que s'intercalent des couches d'argile schisteuse rouge ou verte micacée de plus en plus fréquentes.

L'ensemble formé par ce grès, désigné par M. Böckh sous le nom de grès du mont St-Jacob, et le verrucano, paraissant en relations beaucoup plus étroites avec les couches supérieures, équivalentes des couches de Werfen, qu'avec le grès permien, il convient de le placer dans le trias ; on peut le considérer comme représentant les couches de Groden et dans une certaine mesure comme un terme de transition entre le permien et le trias.

Couches de Werfen. — L'argile schisteuse micacée qui se montre à la partie supérieure du grès du mont St-Jacob, devient de plus en plus abondante, et on passe aux couches de Werfen, qu'on peut diviser en deux termes.

Le terme inférieur est composé de grès, de grès schisteux, d'argile schisteuse, avec des dolomies rares, le tout de coloration généralement rouge ou verte ; les grès et les schistes sont souvent micacés ; on a trouvé dans l'argile schisteuse quelques échantillons mal conservés paraissant provenir de *Myophoria costata.*

Le terme supérieur est formé d'alternances de dolomies, de marnes et de calcaires gris noirâtres à veines de calcaire spathique, avec de l'argile schisteuse verte ; on y trouve un banc calcaire renfermant *Myophoria costata*, *Gervillia mytiloïdes*, *Pecten* cf. *Albertii*, *Modiola trique-*

tra, *Lingula tenuissima;* on peut dire par suite qu'il représente le *röth* et on est conduit à placer le terme inférieur qui lui est étroitement uni dans le *buntersandstein* sans pouvoir préciser s'il représente aussi le *röth*, comme tendrait à le faire croire la présence de *Myophoria costata*, ou s'il convient de l'assimiler à un étage plus inférieur du *buntersandstein*.

2° *Muschelkalk.*

Le *buntersandstein* se termine par des calcaires en couches minces, traversés de veines de calcaire spathique, et des dolomies de même apparence, alternant avec des calcaires caverneux rougeâtres. Au-dessus vient le muschelkalk, formé principalement de calcaires noirâtres ou jaunâtres, ou gris clairs, parfois rougeâtres, souvent bitumineux, traversés de veines de calcaire spathique, et renfermant des parties caverneuses rougeâtres ou jaunâtres. Les dolomies sont rares; certains calcaires ont une surface d'apparence noduleuse, tenant à ce qu'ils sont formés de parties calcaires entourées de calcaire marneux plus altérable; d'autres, très sombres, sont colorés diversement par places et prennent une apparence de mosaïque.

On peut diviser le muschelkalk en trois termes. Le terme inférieur qui est le plus puissant, en étroite concordance avec les couches de Werfen, est formé par les calcaires à veines de calcaire spathique qui viennent au-dessus d'elles, et qui renferment *Pecten discites*, *Myophoria elegans*, *Modiola hirudiniformis*, *Myoconcha*, *Pleuromya Alberti*, des coupes de petits gastropodes et des crinoïdes.

Le terme moyen est formé de couches noduleuses à brachiopodes caractéristiques. Le terme supérieur com-

prend des calcaires et des dolomies très pauvres en fossiles.

Une carrière voisine d'un chemin allant au mont Bertalan, par la vallée de la Tettye (petite rivière traversant du nord au sud la ville de Fünfkirchen), fournit une coupe à peu près complète de ces trois termes; on y trouve de haut en bas :

5. Quelques couches minces de marne calcaire schisteuse sans fossiles, qui peut-être font partie des couches de Wengen, puis des couches de calcaire noirâtre compact à veines de calcaire spathique, avec des parties jaunes et des veines de calcaire marneux qui lui donnent quelquefois l'aspect d'une brèche. Parfois le calcaire est dolomitique.

4. Puis vient une marne grise tout à fait semblable à celle qui est au-dessous des couches à brachiopodes ci-dessous; à la partie supérieure, elle devient plus calcaire, et paraît formée de parties noduleuses qui tendent à s'isoler.

Les termes 4 et 5 forment le muschelkalk supérieur des environs de Fünfkirchen, équivalent du muschelkalk alpin supérieur : on y a trouvé deux ammonites, dont l'une paraît être *A. Thuillieri*.

3. Un calcaire noirâtre et noduleux rempli de brachiopodes, et qu'on retrouve en divers points avec *Terebratula vulgaris* et *Retzia trigonella* très abondantes, *Orthoceras* sp. ind., *Gervillia socialis*, *Myoconcha gastrochœna*, *Ostrea complicata*, *Lima lineata*, *L. costata*, *Spiriferina fragilis*, *Ostrea ostracina*, *Pecten discites*. C'est l'étage moyen, qui, avec l'étage inférieur, peut être considéré comme représentant le muschelkalk alpin inférieur, le calcaire de Recoaro, bien que les fossiles les plus caractéristiques fassent défaut.

2. Une marne grise surmontant un calcaire marneux

et d'apparence noduleuse, où on a rencontré *Terebratula vulgaris* très rare.

1. Un calcaire noirâtre, veiné de calcaire spathique, un peu bitumineux à la partie supérieure, sans fossiles, mais qu'on retrouve autre part avec *Pecten discites*, *Myophoria elegans*, *Myoconcha*, *Pleuromya*, *Modiola*, et qui vient immédiatement au-dessus des couches de Werfen. 2 et 1 forment le terme inférieur, et leurs fossiles, bien que rares, les font séparer du *buntersandstein* pour les placer dans le muschelkalk.

II. — Trias supérieur.

Couches de Wengen.

Au-dessus du muschelkalk arrive un schiste marneux et bitumineux noir ou brun, avec quelques lits de calcaire sur lequel repose le *flötzleerer sandstein* et dont les relations stratigraphiques sont difficiles à déterminer. Il renferme des empreintes paraissant parvenir d'ostracodes, des dents d'*Hybodus plicatilis*, et quelques plantes parmi lesquelles M. Heer a reconnu : *Equisetites arenaceus*, *Macropterygium Bronni* et vraisemblablement *Clathropteris reticulata* et *Anotopteris distans*. On peut admettre que ces couches représentent les couches de Wengen.

Jurassique.

Rhétien et lias inférieur. — Au-dessus des couches de Wengen se trouve le *flötzleerer sandstein*, formé de grès avec de minces lits d'argile schisteuse, ne renfermant que de rares couches non exploitables de charbon, et sur lequel repose la formation houillère. On a rencontré dans une des couches d'argile schisteuse, à 300 ou 350 mètres

environ au-dessous de la couche de charbon la plus inférieure, *Zamites distans* Presl. et *Palissya Brauni* Endl. en grande abondance, puis *Zamites distans* var. *longifolia*, *Thaumatopteris Brauniana* Popp., et un peu plus bas, dans une marne sableuse, une *Cardinia* désignée par Böckh sous le nom de *Cardinia Hoffmanni* et des dents d'*Acroduş minimus;* on est conduit par suite à considérer le *flotzleerer sandstein* comme rhétien.

Le lias inférieur se divise en deux termes : le terme inférieur, formé de grès, de marnes et d'argiles schisteuse, d'une puissance de 700 à 800 mètres, renferme 180 couches de charbon, avec quelques dépôts de fer; 25 à 30 couches sont exploitables; quelques-unes ne le sont que partiellement; leur épaisseur est très variable : le tableau suivant en donne la liste, elles sont numérotées de bas en haut :

NUMÉROS.	PUISSANCE.	OBSERVATIONS.
28, 27, 26, 25, 24	0m,55 à 0m,65	En grande partie inexploitables.
22	1m,90	
20	0m,50 à 0m,80	
19. 18. 17	0m,30 à 0m,65	
16, 15, 14, 13	0m,30 à 0m,65	
12	2m,20	Partagées en plusieurs bancs par des lits de grès.
11	4m,72	
10	0m,45 à 0m,60	Charbon très solide.
9, 8, 7	0m,60 à 0m,95	Partiellement exploitables.
6	1m,25	Le charbon est sale sur une assez forte épaisseur; on ne peut exploiter que de 0m,60 à 0m,95.
4, 3	0m,90 à 1m,25	Exploitables.
2 et 1	0m,65 à 0m,95	En grande partie inexploitables.

La puissance totale est de 52 mètres; mais on ne peut guère exploiter plus de 25 mètres.

Dans certaines parties de la formation, les couches supérieures font défaut; elle est complète à Vasas, où deux puits la traversent. On rencontre dans les diverses couches des plantes assez nombreuses; on a trouvé :

Au niveau de la 1re couche: *Equisetites Ungeri*, *Jeanpaulia Münsteriana* Schenk.

Entre les couches 3 et 4 : *Equisetites Ungeri*, *Calamites arenaceus* Jœg.

Au toit de la couche 6 : *Calamites arenaceus*.

Au niveau de la couche 13 : *Palissya Brauni*, *Alethopteris Whitbyensis* Gœpp., *Tæniopteris vittata* Brong., *Sagenopteris rhoifolia*, var. *elongata*, Gœpp.

Au niveau de la couche 14 : *Tæniopteris vittata*.

Entre les couches 18 et 20 : *Sagenopteris elongata*.

Au niveau de la couche 22 : *Laccopteris Münsteri* Schenk.

Entre les couches 23 et 26 : *Tæniopteris vittata*.

On a rencontré en outre, à divers niveaux non déterminés (*) : *Calamites liasinus* Stur, *Equisetites hungarus* Stur, *Baiera tæniata* Braun, *Sagenopteris pinnata* Stur, *Clathropteris Münsteriana* Schenk, *Thaumatopteris Brauniana* Popp., *T. tenuifolia* Stur, *Laccopteris Münsteri* Schenk, *Dictyophyllum Nilssoni* Gœpp., *Tæniopteris tenuinervis* Brauns, *Pterophyllum Andræi* Stur, *Acrostichites Gœppertianus*. On trouve également un nombre considérable de fossiles animaux :

Les principaux sont : *Cardinia Listeri*, *C. unioides*, *C. crassiuscula*, *Mytilus Morrisi*, *M. Helanus*, *Lima gigantea*, *Panopea liasina*, *Ceromya infraliasica*, *Perna infraliasica*, *Chemnitzia*, *Phasianella*, *Turbo et Natica* nov. sp., *Ammonites angulatus*, *Ophioderma Escheri*, *Helicina polita*, *Ampullaria carinata*, *Paludina Krauseana*, *Cardium Philippianum*, *Cypricardia lævigata*, *Astarte irregularis*, *Hettangia securiformis*, *Gervillia Petersi*, *Spiriferina pinguis*.

On voit d'après cela que la formation houillère doit être placée tout à fait à la base du lias.

Le terme supérieur du lias inférieur est formé de grès, de marnes sableuses ou bitumineuses, et de calcaires compacts; il ne renferme pas de couches de charbon.

(*) Stur, *Geologie der Steiermark*.

On y a trouvé, outre des gryphées arquées, des gryphées obliques, ainsi que toutes les formes intermédiaires, très abondantes dans certains bancs, les fossiles suivants : *Lima punctata*, *Cardinia Listeri*, *C. exigua*, *Mytilus Morrisi*, *Lima gigantea*, *Spiriferina pinguis*, *Arca Buckmanni*, *Pecten glaber*, *P. æqualis*, *P. priscus*, *P. Heli*, *P. liasicus*, *P. textorius*, *Pleurotomaria anglica*, *Turritella costifera*, *Cerithium gratum*, *C. Terquemi*, *Tubifer striatus*, *Ceromya infraliasica*, *Cardinia Philippiana*, *Astarte irregularis*, *Perna infraliasica*, *Plagiostoma duplum*, *Ostrea irregularis*, *Ammonites stellaris*, *A. oxynotus*, *A. raricostatus*.

On peut dès lors considérer ce terme comme appartenant à l'étage β du lias inférieur.

Le lias moyen, avec *Ammonites Valdani*, *A. amaltheus*, *A. spinatus*, et le lias supérieur, avec *A. radians* et *A. bifrons*, ne se développent qu'assez loin de Fünfkirchen, vers le mont Zengovar, en même temps que le *dogger* et le *malm*.

Dogger et *malm*. — Le *dogger* se divise en trois termes :

1° Le dogger inférieur, caractérisé par *A. opalinus* et *A. Murchisonæ*.

2° Le dogger moyen avec *A. Sauzei* et *A. Humphriesianus*.

3° Le dogger supérieur, caractérisé par *A. Parkinsoni*.

Le malm est un peu plus développé ; il est caractérisé par *A. acanthicus* ; d'après Hoffmann, il correspondrait à l'oxfordien.

Crétacé.

Le crétacé est représenté au voisinage du mont Zengovar par des conglomérats et des tufs intimement liés

à des roches basaltiques, et qui paraissent correspondre au néocomien moyen ; ils renferment : *Ammonites furcatosulcatus*, *A. cryptoceras*, *Belemnites latus*, *B. Orbignyanus*, *Nerinea Valdensis*, *Ostrea macroptera*, *O. Boussingaulti*, *Lima Picteti*, *Rhynchonella multiformis*, *Diceras Germani*.

Tertiaire.

Le tertiaire est représenté aux environs de Fünfkirchen par les étages méditerranéen, sarmatique et pontique, ce dernier étant d'ailleurs beaucoup plus développé que les deux autres.

On verra par la description suivante, qui ne s'applique qu'à une région de faible étendue, combien ces étages sont différents d'un point à un autre, et on s'expliquera comment Credner (*) a pu admettre que les couches qui les composent ont été formées en même temps dans divers points d'une seule et même mer, qu'elles ne sont que les zones de dépôts différents d'un même bassin et qu'elles ne reposent pas les unes sur les autres, mais bien les unes à côté des autres.

Étage méditerranéen.

M. J. Böckh a été conduit à diviser l'étage méditerranéen en deux termes, qui sont bien développés à Pecsvarad, à Manfa et à Budafa, et à Szabolcs.

Méditerranéen inférieur. — Le terme inférieur comprend à Pecsvarad (de haut en bas) :

5. Banc d'huîtres de 2 mètres, avec *Ostrea crassissima* et *O. gingensis*.

4. Grès calcaire noduleux, et sable jaune passant à un

(*) *Traité de Géologie*, trad. fr., p. 606.

grès renfermant *Mytilus Haidingeri*, le tout ayant une puissance de 12 à 13 mètres.

3. Quatre mètres d'argile gris verdâtre, avec des parties rouges; cette argile devient brunâtre à la base et ne contient pas de fossiles.

2. Calcaire blanc de faible puissance, tout à fait semblable au calcaire de la Leitha, avec fragments de grands pectens et bryozoaires.

1. Sable, passant par place au grès, renfermant en divers point des congéries, et reposant directement sur les terrains secondaires.

A Szabolcs, on trouve dans un sable gris micacé *Ostrea crassissima* et *O. gingensis*, et au-dessous, des couches sableuses, argilo-sableuses, argileuses, un conglomérat grossier, le tout sans fossiles et sans relations stratigraphiques nettement établies. Puis, plus bas, vient un conglomérat formé de fragments roulés de porphyre quartzifère, de granite, de quartz, de calcaires du muschelkalk, de calcaires blancs ou rougeâtres jurassiques, de grès quartzeux micacé, de tuf trachytique, réunis par un ciment calcaro-sableux; en certains points ce ciment se décompose, et les éléments ne sont plus maintenus; parfois ils paraissent n'avoir jamais été cimentés. Ce conglomérat repose directement sur le lias et ne renferme pas de fossiles; il ressemble beaucoup à une formation qu'on observe à Manfa et à Budafa, avec laquelle il se rejoint peut-être sous le lœss, au voisinage des mines, où il en est très rapproché.

Cette formation se compose de couches d'eau douce ou saumâtre, qu'on rencontre en divers points des monts Mecsek, et qui renferment des congéries avec *Melania Escheri*, *Unio*, *Neritina*, et à Magyar Hidas, des couches de combustibles, des dents d'un petit castor, et des écailles de poissons. Au-dessus viennent des couches marines appartenant au méditerranéen supérieur,

et à Hidas, des couches étudiées par Peters, contenant aussi des couches de combustible, et correspondant complètement par leur faune aux *Grunderschichten* du bassin de Vienne ; de plus, en quelques points, comme à Pecsvarad, avant de rencontrer, au-dessus des couches à congéries, les couches du méditerranéen supérieur, on en trouve d'autres dont la faune rappelle beaucoup celle des *Hörnerschichten*, et surtout des couches d'Eggenburg, qui appartiennent encore au méditerranéen inférieur, dans lequel il convient par suite de placer également les couches à congéries qui leur sont étroitement unies et qui renferment parfois des fossiles méditerranéens.

A Budafa, le méditerranéen inférieur est constitué par un sable quartzeux gris ou jaunâtre à gros grains très micacé, avec des fragments de porphyre quartzifère à la base, et surmonté de couches argilo-sableuses, à la partie supérieure desquelles on trouve *Ostrea crassissima ;* puis le sable finit par dominer, avec des nodules de marne, qui deviennent de plus en plus nombreux et arrivent à donner lieu à des couches marneuses, riches en lithothamnies, avec : *Ostrea crassicostata*, *Pecten Besseri*, *P. elegans*, *P. Malvinœ*, et un peu plus haut *Anomya costata*, qui, quoique appartenant au méditerranéen inférieur et et au méditerranéen supérieur, rapprochent plutôt ces couches des *Hörnerschichten.*

Finalement, on peut paralléliser les couches à congéries de Pecsvarad, le conglomérat de Szabolcs, et les couches inférieures de Manfa et de Budafa, et classer dans le méditerranéen inférieur les couches venant au-dessous du banc d'huîtres à *Ostrea crassissima* et *O. gingensis*, en les considérant comme équivalentes des *Hörnerschichten*, principalement des couches d'Eggenburg, ainsi que les couches à congéries qui leur sont très étroitement liées et viennent au-dessous du niveau des *Grunderschichten.*

Méditerranéen supérieur. — Le méditerranéen supérieur est représenté à Pecsvarad par une argile surmontant le banc d'huitres à *Ostrea crassissima* et *O. gingensis*, et renfermant : *Ancillaria glandiformis*, *Buccinum Dujardini*, *Fusus* cf. *Puschi*, *Ceritium pictum*, *C. pictum* var., *C.* cf. *Moravicum*, *C. lignitarum*, *Turritella turris*, *T. bicarinata*, *Nerita picta*, *Corbula carinata*, *Lucina Dujardini*, *Arca diluvii*, *Arca* sp. n., *Ostrea digitalina.*

On voit de même, à Szabolcs, au-dessus du banc d'huitres, une argile brunâtre ou verdâtre avec *Buccinum Dujardini*, *Pleurotoma Jouanetti*, *Cerithium lignitarum*, *C. pictum* var., *C. Moravicum*, *Turitella bicarinata*, *Nerita picta;* puis vient de l'argile, avec des bancs de grès calcaires peu puissants, et un conglomérat gréseux à ciment calcaire avec des pectens et des lithothamnies ; le tout surmonté de calcaires blancs ou jaunâtres, parfois sableux avec des lits d'argile, et de couches marneuses à foraminifères, puis d'une argile marneuse brun jaunâtre, se distinguant peu des couches sarmatiques qui la recouvrent, ou de sables micacés verdâtres ou jaunâtres. On trouve dans les calcaires ou dans les couches voisines : *Lucina borealis*, *Isocardia*, *Erato laevis*, *Buccinum costulatum*, *Natica helicina*, *N. millepunctata*, *Rissoa Lachesis*, *Rissoa* cf. *Lachesis*, *Dentalium mutabile*, *Corbula gibba*, *Arca diluvii*, *A. Hungarica*, *Anomia striata*, et un peu au-dessus du conglomérat gréseux, où l'argile est vert brunâtre et assez peu développée : *Pecten cristatus* et *Isocardia.* Les sables, qui en certains points sont très développés et qu'on retrouve un peu à l'ouest, vers le puits Albert, renferment : *Ancillaria*, *Terebra*, *Cerithium crenatum*, *C. soliolum*, *Turritella turris*, *T. Archimedis*, *T. bicarinata*, *T.* sp. n., *Pectunculus obtusatus*, *P. pilosus*, *Arca diluvii*, *Pecten Beudanti*, *Lucina leonina*, *L. columbella*, *Natica redempta* et

rappellent beaucoup les *Grunderschichten* du bassin de Vienne, tandis que les calcaires représentent le calcaire de la Leitha.

Si on considère les couches situées au-dessus du niveau des *Ostrea crassissima* et *O. gingensis*, on voit qu'on trouve à la partie supérieure *Rissoa*, *Buccinum costulatum*, *Corbula gibba* (et plus rarement *Turritella subangulata*), pendant qu'à la partie inférieure, on trouve, avec les cérithes, *Buccinum Dujardini*, *Turitella bicarinata*, *T. turris*. En divers points du massif des monts Mecsek, à Kekesd, à Hidas, *Buccinum costulatum* et *Corbula gibba* caractérisent également les couches qui viennent immédiatement au-dessous de l'étage sarmatique.

Étage sarmatique.

Les couches sarmatiques se développent au voisinage immédiat de Fünfkirchen, au nord et à l'est, puis elles disparaissent sous le lœss et on les retrouve ensuite au nord-est, à Colonie et à Szabolcs. Elles sont principalement formées de calcaires blancs ou jaunâtres, parfois sableux, exploités dans de nombreuses carrières, et on peut les observer sur le versant est de la vallée de la Tettye, où elles sont beaucoup plus élevées que sur le versant ouest, par suite d'un soulèvement qui a même amené au jour les couches méditerranéennes; on y voit la coupe suivante, de haut en bas :

Terre végétale.

6. Calcaire tendre blanc ou jaunâtre, en faibles bancs, fendillé dans diverses directions, avec des coquilles très altérées de gastropodes.

5. Calcaire blanc et compact, banc unique de 2 mètres, avec des gastropodes, des cérithes, entre autres *C. Mediterraneum*, des conchifères, des cardiums.

4. Calcaire blanc et compact comme le précédent et calcaire

tendre fendillé à parties brun jaunâtre, devenant compact à la partie inférieure, puis marneux au voisinage du terme suivant.

3. Couche très faible de marne gris rougeâtre, avec de petits gastropodes mal conservés.

2. Calcaire tendre jaunâtre, avec des veines et des parties brun jaunâtre, renfermant : *Mactra Podolica*, *Cardium obsoletuum*, *Ervilia Podolica*, *Trochus pictus ;* c'est le dépôt principal des bivalves, comme 5 est le dépôt principal des gastropodes.

1. Enfin, calcaire sableux blanc renfermant seulement en quelques points de petits foraminifères.

On retrouve ces calcaires blancs jaunâtres à Colonie, avec *Cerithium pictum*, *C. disjunctum*, *C. nodosoplicatum*, *Trochus Poppelaki*, *Modiola Volhynica*, *Mactra Podolica*, *Tapes gregaria*, *Cardium plicatum*, *C. obsoletum*, et des foraminifères; un peu plus à l'est, il y a en plus des intercalations de marnes, et on trouve dans les calcaires, outre les fossiles précédents : *Buccinum duplicatum*, *Trochus Podolicus*, *T. quadristriatus.*

Si on va plus au nord-est, vers Szabolcs, les marnes deviennent beaucoup plus importantes; on passe des calcaires et des sables méditerranéens à un calcaire fendillé peu fossilifère, puis à une marne renfermant des parties de calcaire marneux avec *Modiola Volhynica*, des foraminifères, des *Cardium;* puis la marne devient jaunâtre avec des parties rouge vif; les foraminifères y sont très rares, et on y trouve : *Ervillia Podolica*, *Tapes gregaria*, *Phasianella*, *Cerithium pictum.*

Étage pontique.

Les couches pontiques forment le sol de la ville de Fünfkirchen où elles sont constituées par des sables jaunâtres, le plus souvent micacés, et des grès blancs ordinairement calcaires, avec un peu d'argile sableuse, et renferment *Cardium Schmidti*, *Congeria rhomboidea*, *C. Partschi*, *Melanopsis.* De là, elles s'étendent vers

Colonie où elles consistent en grès blancs, riches en calcaire, passant à des calcaires sableux avec *Melanopsis Martiniana*, *M. impressa*, *Cardium*, congéries, et en sables quartzeux passant à un grès à grain fin; on peut les observer dans la vallée de Kapoztaz, où on voit près du puits Schroll un sable quartzeux micacé fin et jaunâtre, avec de minces couches de grès et des lits de grès calcaire (parfois, le grès ne forme que des nodules dans le sable), formant les couches supérieures; puis dans une tranchée de chemin de fer (de haut en bas):

3. Sable quartzeux à gros grain, blanc ou rouge brunâtre, avec des nodules calcaires, et faisant effervescence avec les acides.

2. Grès quartzeux à gros grain très calcaire avec des fragments roulés de calcaire sarmatique à foraminifères, et des lithothamnies; ces couches rappellent beaucoup les couches sarmatiques, et les lithotamnies, parfois très abondantes, ont pu y arriver indirectement.

1. Grès calcaire en couches minces, d'apparence noduleuse avec *Melanopsis Martiniana*, *M. Bouei*, *Congeria* aff. *triangularis* et lithothamnies; puis des couches de grès calcaires avec bancs intercalés de grès quartzeux. Ensuite vient un dépôt de fragments brisés, calcaire et sableux, avec des fragments roulés de calcaire sarmatique, et des couches calcaro-sableuses renfermant encore des *Melanopsis*. Ces couches s'étendent à l'ouest jusqu'au mont Bertalan, au voisinage du lias et du muschelkalk, et à l'est vers la vallée de Nagy-Banya. A Szabolcs, elles sont représentées par une marne jaunâtre avec un banc de grès calcaire interstratifié, avec *Congeria* aff. *triangularis*, *C. Partschi*, de petits planorbes, des gastropodes, des ostracodes; à la partie supérieure, la marne renferme des lits de grès calcaire blanc et on y trouve *Congeria Czjzecki;* les couches supérieures sont formées par des sables sans fossiles. Plus au nord-est, à Hosszuheteny,

les couches inférieures sont formées par une marne blanc jaunâtre avec *Congeria Partschi* et des *Cardium*, qu'on suit presque jusqu'à Pecsvarad, et un sable à gros grain, passant irrégulièrement à un grès rouge brun à ciment d'oxyde de fer, avec *Congeria* aff. *triangularis*, *C. Partschi*, des dents de poissons, représente les couches supérieures.

Finalement, on peut diviser les couches pontiques en deux termes :

II. *Terme supérieur.* — Dans ce terme se placent les formations généralement sableuses, souvent riches en oxyde de fer, renfermant *Congeria triangularis*, *C. Partschi*, *C. balatonica*, *Cardium Schmidti*. En certains points, on rencontre principalement *Congeria triangularis*, tandis qu'en d'autres *Congeria rhomboidea* est l'espèce dominante; mais on ne trouve nulle part des couches à *Congeria rhomboidea* nettement placées sur des couches à *Congeria triangularis* et on ne peut distinguer deux niveaux correspondant à chacune des espèces.

I. *Terme inférieur.* — Dans le terme inférieur se placent les couches situées entre les précédentes et l'étage sarmatique. Elles sont très diversement constituées, comme nous l'avons vu, au voisinage du puits Schroll, à Szabolcs, à Hosszuheteny. En d'autres points elles présentent encore des faciès différents. A Pecsvarad, elles sont formées par une marne crayeuse blanche ou jaunâtre, avec des planorbes, des ostracodes, des écailles de poissons, des restes de plantes, *Congeria banatica*, très abondante; cette marne renferme une mince couche d'argile avec *Melanopsis Sturi*, et elle est surmontée d'un complexe de bancs de calcaires marneux durs alternant avec des couches argileuses vert clair, avec des

cardiums, des ostracodes, des congéries; puis vient un calcaire marneux jaunâtre où on a trouvé un fragment de *Valenciennesia*, paraissant provenir de *V. annulata*.

Quaternaire.

Un dépôt grossier et le lœss, principalement développés au sud et à l'est de Fünfkirchen, recouvrent le plus souvent les couches pontiques. Il existe en beaucoup de points entre les couches pontiques et le lœss, un dépôt de lehm, ordinairement peu puissant, brun rougeâtre ou rouge, renfermant parfois du minerai de fer pisolithique, et souvent des concrétions calcaires irrégulières rappelant les *lösskindel*. Il ne renferme pas de fossiles, mais on retrouve une formation absolument semblable au nord du mont Mecsek, qui dans les parties calcaires contient : *Helix candidula*, *Pupa*, *Succinea oblonga*.

Il faut enfin signaler dans la vallée de la Tettye un tuf calcaire dont la formation continue encore actuellement; il comprend des couches poreuses et des couches compactes, et renferme des parties argileuses et des traces noires provenant de plantes carbonisées; il est dû aux eaux de la Tettye et des sources voisines qui sont chargées de carbonate de chaux qu'elles abandonnent à une certaine distance de leur point d'émergence à mesure qu'elles perdent à l'air l'acide carbonique nécessaire à la dissolution. La puissance de ce tuf est très considérable.

ROCHES ÉRUPTIVES.

Au voisinage immédiat de Fünfkirchen, et au nord-est, se trouve un faible affleurement granitique qui limite le lias au sud et le sépare du tertiaire; ce granite, très altéré, paraît former, avec des gneiss et des schistes

talqueux qui l'accompagnent, le terrain fondamental de la région. On observe, en outre, tout à côté, trois affleurements minimes de roches éruptives sur lesquels nous allons revenir en parlant des roches éruptives du mont Mecsek. Ces roches, étudiées par Hoffmann, (*) forment trois groupes qui se distinguent par leurs caractères géologiques et pétrographiques.

I. *Roches granitiques.* — Ce sont les plus anciennes; elles forment la montagne de Moragy, et apparaissent à Fünfkirchen, comme nous venons de le dire. Elles sont antérieures à toutes les formations sédimentaires de la région qui, comme nous l'avons vu, commencent avec le permien supérieur.

II. *Roches augitiques et amphiboliques sans quartz.* — Ces roches ont souvent une texture amygdaloïde, et sont parfois en relation avec des tufs et des conglomérats produits lors de leur arrivée. Elles sont venues au commencement de la craie et forment des masses nombreuses et puissantes traversant le jurassique et les formations anciennes; leur constitution pétrographique est très variée, mais elles sont étroitement liées par de nombreux caractères et font partie d'une même série d'éruptions. Dans leur ensemble, elles ne forment qu'un groupe particulier des roches éruptives qu'on trouve en divers points des Karpathes et dans les chaînes isolées au sud de la Hongrie, qui ont une constitution semblable et sont en relation avec les couches du malm et de la craie. Elles traversent, en filons, ou en masses parfois importantes, les couches du calcaire tithonique à *Aptychus*, et l'éruption principale, qui a donné des roches très basiques, riches en augite, a eu lieu pendant le néocomien moyen,

(*) Ce qui a trait à ces roches est la reproduction, à peu près littérale, de la description qu'en donne cet auteur : Hoffmann in Böckh. *Mitth. aus d. Jahrbuche der K. ung. Geol. Anstalt.*, t. IV, p. 265.

lors du dépôt des couches de Rossfeld; on les trouve en effet à Uj-Banya et au nord-ouest de cette localité, entre P. Janosi et M. Egregy, en masses puissantes accompagnées de couches de tufs et de conglomérats qui en proviennent, qui contiennent de nombreux fossiles caractéristiques de ce niveau (v. p. 15), et dont le terme le plus voisin dans la série des couches sédimentaires est constitué par les formations de l'étage méditerranéen inférieur, qui recouvrent ces roches sur le versant ouest du massif et en renferment de nombreux fragments dans leurs conglomérats.

Ces roches sont surtout répandues au nord-est du massif des monts Mecsek, vers Uj-Banya; elles forment des masses importantes vers Magyar-Egregy, Maza, Vasas, et on en trouve de faibles affleurements dans toutes les directions et dans tout le massif dans les couches du lias, du dogger et du malm, qui sont plus ou moins bouleversées à leur voisinage. Au point de vue pétrographique, on peut y distinguer, en ce qui concerne la partie amphibolique, des roches amphiboliques, des roches à amphibole et à augite, et des roches augitiques : ces trois classes, qui correspondent d'ailleurs à une certaine répartition géographique, répondent complètement aux roches plus récentes : phonolithes, trachydolérites, basaltes feldspathiques, dont elles ne se distinguent guère que par leur âge et par une altération plus avancée.

Celles de la première classe, ou roches phonolitiques sont formées par les éléments les plus acides et les plus riches en alcalis : on les avait d'abord comparées aux trachytes et nommées *grünsteintrachyt*. Elles s'en distinguent essentiellement par leur âge et leur constitution; ce sont vraisemblablement les plus anciennes du groupe. En général elles sont vert clair, à grain assez fin, et se prennent en masse en gelée par l'action de l'acide chlorhydrique. Elles sont principalement composées

de néphéline abondante et plus ou moins transformée en masses zéolithiques fibreuses, de sanidine qui apparaît en grandes tables et donne lieu à une apparence porphyroïde, d'amphibole, plus ou moins complètement transformée en viridite, et d'un peu d'isérine; le plagioclase, l'augite, l'olivine, l'apatite, n'apparaissent que très subordonnés ou font défaut. Elles forment les sommets des monts Szasvar et Kövi, à Uj-Banya et à Vasas, et on en trouve un affleurement isolé près de Viganvar, presque tout à fait à l'ouest du massif.

On peut leur opposer les roches de la troisième classe, qui sont les plus basiques et les plus pauvres en alcalis, renferment les éléments les plus lourds et les moins attaquables, et répondent étroitement aux basaltes feldspathiques. Jusqu'ici elles ont été réunies sous le nom de porphyre augitique. Ce sont de beaucoup les plus importantes parmi les roches crétacées. Elles forment des masses puissantes avec de nombreuses ramifications, et sont accompagnées de tufs et de conglomérats dont nous avons parlé. On peut y distinguer, au point de vue de la texture et de la composition, diverses variétés. En général, elles sont de couleur sombre, par suite de leur forte teneur en isérine ou en ilménite; leur texture, qui varie depuis une texture aphanitique compacte jusqu'à une texture doléritique à petit grain, est ordinairement rendue porphyroïde par la présence de grands cristaux d'augite, de plagioclase et d'olivine; elles sont fréquemment amygdaloïdes. Elles sont caractérisées, au contraire de la classe précédente, par l'abondance de l'augite, par le plagioclase, par l'isérine ou l'ilménite, par les éléments subordonnés, l'olivine, et relativement beaucoup d'apatite. Certains affleurements, qui forment les derniers termes de la série éruptive, renferment de l'olivine en proportion si considérable, sous forme de grands cristaux, qu'on peut les ranger avec les picrites; ils correspon-

dent aux basaltes à olivine et relient les roches en question à la famille des roches à olivine.

Les roches de la seconde classe, qui peuvent être comparées aux trachydolérites, sont tout à fait intermédiaires entre celles de la première et de la troisième classe. Elles sont particulièrement unies aux roches basaltiques. Ce sont des roches à plagioclase, à amphibole et à augite. Elles se distinguent de celles des deux autres classes par leur plus forte teneur en plagioclase, elles sont plus pauvres que les roches basaltique en isérine ou en ilménite, en apatite et en olivine, et plus riche en ces éléments que les roches phonolitiques; leur texture est, en général, à grain fin, anamésitique ou doléritique. Elles forment de nombreux filons et des massifs assez faibles. On les trouve tout autour de la zone occupée par les roches basaltiques et de plus elles forment quelques petits filons dans le massif granitique de Moragy où elles ont été étudiées par Röth sous le nom de *diabas-diorit* (*). Elles renferment des produits d'altération formés aux dépens de leurs éléments facilement décomposables, en particulier des parties chloriteuses et serpentineuses verdâtres résultant de la décomposition de l'amphibole, de l'olivine, et de l'augite, qui résiste cependant mieux; la décomposition se poursuivant, il se produit de la ferrite; les roches perdent leur couleur verte et deviennent brunes.

III. *Roches trachytiques.* — Le troisième groupe des roches des monts Mecsek est formé par des trachytes arrivés pendant le néogène, et appartenant à la grande formation hongroise des trachytes : ils n'ont que peu d'importance à côté des roches précédentes dans la constitution du massif éruptif et ils n'apparaissent guère qu'au nord. Les

(*) *Mitth. der k. ung. geol. Anst*, IV, p. 95.

éruptions ont eu lieu en partie à l'époque du méditerranéen inférieur; elles ont donné alors un trachyte à quartz et à oligoclase très acide, avec biotite et amphibole, qu'on ne trouve qu'en masses clastiques entre M. Egregy et Varalja, où il a de plus donné naissance à des dépôts de tufs intercalés dans les couches méditerranéennes inférieures Il existe, en outre, un trachyte plus jeune, et sans quartz, à labrador et amphibole, qui traverse les couches précédentes, qu'on ne connaît que près de Komlo.

Au voisinage immédiat de Fünfkirchen, au pied du mont Makar, le long d'une ligne de rejet probablement plus ancienne et dirigée sensiblement E.-O., suivant laquelle apparaît le granite dont nous avons parlé plus haut, se trouvent les trois faibles affleurements que nous avons mentionnés. Ils sont formés par une roche qui se distingue nettement du granite et qu'on ne saurait davantage rapprocher des roches trachytiques. Elle est, au contraire, complètement semblable aux roches trachydoléritiques crétacées du massif des monts Mecsek, dont elle ne diffère que par une altération plus avancée; elle est à grain fin, rouge brune. A la loupe on reconnaît un assemblage de petites tables de feldspath ; dans leur intervalle et sur leurs lignes de clivage, on voit de la limonite; le long des clivages et sur les faces des cristaux de feldspath, se montre un produit d'altération noir, en minces pellicules, de l'opacite. Avec l'acide chlorhydrique, la roche donne une faible effervescence. Au microscope, on observe facilement sa texture microfluidale, due à l'arrangement en lignes parallèles des particules de feldspath. Bien que le feldspath soit plus ou moins trouble, on reconnaît nettement un seul plagioclase. On observe, en outre, dans les lames minces, une matière blanche opaque en coupes triangulaires ou rectangulaires assez nombreuses et toujours nettement limitées. M. Hoffmann pense que c'est la matière désignée

par Gümbel sous le nom de *leucoxe*, observée, en premier lieu, par Sandberger dans les diabases du Nassau et retrouvée depuis dans diverses roches éruptives basiques, toujours en étroite liaison avec le fer titané; elle se présente ici sous la forme de l'isérine et provient de sa décomposition. On reconnaît en outre, comme élément microscopique accessoire, l'apatite, qui se montre en petites aiguilles incolores, ou en coupes hexagonales. La partie amphibolique a complètement perdu sa forme et fournit les éléments de la ferrite et de l'opacite. Ces caractères, avec le manque de sanidine et de néphéline, distinguent ces roches des roches phonolithiques et basaltiques et permettent de les identifier avec les roches trachydoléritiques; elles se présentent d'ailleurs dans les mêmes conditions géographiques et géognostiques.

COMMISSION D'ÉTUDE
DES MOYENS PROPRES A PRÉVENIR LES EXPLOSIONS DE GRISOU
DANS LES HOUILLÈRES

ANALYSE SYNOPTIQUE
DES RAPPORTS OFFICIELS
SUR LES

ACCIDENTS DE GRISOU EN FRANCE

DE 1817 A 1881
DRESSÉE AU NOM DE LA COMMISSION

Par MM. JULES PETITDIDIER et CHARLES LALLEMAND
Ingénieurs au corps des Mines.

Sixième fascicule (*).

NOTE PRÉLIMINAIRE.

Ce fascicule renferme les accidents survenus dans les *groupes de bassins de la Bourgogne et du Nivernais* (bassins du Creuzot et de Blanzy, d'Épinac et Aubigny la Ronce, et bassin de Bert); *du Tarn et de l'Aveyron* (bassin d'Aubin); *de l'Auvergne* (bassins de Brassac, de Champagnac et Bourg-Lastic).

Aucune explosion n'a été signalée dans le *groupe du Bourbonnais* (Commentry et Saint-Éloy), qui vient, par ordre d'importance, entre le groupe du Tarn et celui de l'Auvergne.

Un erratum à la fin de ce fascicule renferme des renseignements complémentaires, obligeamment communiqués par M. l'inspecteur général des mines Dupont, sur l'accident du 2 septembre 1854 à la Grand'-Combe.

Paris, le 1er décembre 1885.

(*) Voir, pour les cinq premiers fascicules, *Annales des mines*, 1882, 1er vol., p. 293, et 2e vol., p. 393; 1883, 2e vol., p. 67; 1884, 2e vol., p. 73; 1885, 2e vol., p. 195.

STATISTIQUE DES

A. — MINES DE HOUILL

1. — BASSIN DU CREUZOT ET DE BLANZY.

1. — Concession

(Instituée par décre

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes.			
582	1846 9 Janvier.	Puits Sainte-Marie.	»	2 Brûlés.	294	89340	Puits en fonçage.	Lampe à feu nu.	Négligence de la part des victimes.
583	1847 13 Août.	Id.	»	2 Brûlés.	294	89340	Remontée en cul-de-sac.	Flamme d'une lampe de sûreté chassée hors du treillis.	Imprudence de l'une des victimes qui, voyant sa lampe de sûreté se remplir de flammes, avait soufflé dessus pour l'éteindre.
584	1848 4 Août.	Id.	»	2 Brûlés.	294	89340	Remontée en cul-de-sac.	Lampe à feu nu.	»
585	1851 25 Avril.	Puits Cinq-Sous. — Couche N° 1. — Étage de 200m.	6 Brûlés et asphyxiés.	»	615	159755	Aérage général insuffisant. Mauvaise distribution de l'aérage	Lampe de sûreté incomplètement fermée.	Imprudence de l'une des victimes, qui se servait d'une lampe de sûrete incompiètement fermée.

4. — GROUPE DE LA BOURGOGNE ET DU NIVERNAIS.

a. — Département de Saône-et-Loire.

de Blanzy.

du 29 Mars 1769.)

OBSERVATIONS

11

Circonstances de l'accident. — Deux ouvriers travaillaient au fonçage d'un puits lorsqu'une petit quantité de grisou s'enflamma sur une lampe à feu nu et les brûla tous les deux.

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier travaillait dans une remontée en cul-de-sac. Voyant sa lampe de sûreté se remplir de feu, il souffla dessus ; mais il fit ainsi sortir la flamme hors du tamis au lieu de l'éteindre.

Une inflammation générale de grisou se produisit et le brûla ainsi qu'un de ses camarades qui se trouvait près de lui.

Circonstances de l'accident. — Une inflammation de grisou brûla deux ouvriers dans un chantier en cul-de-sac, où l'on travaillait avec des lampes à feu nu.

Indications générales. — L'aérage, très-insuffisant et vicieux, se faisait naturellement entre deux puits dont les orifices étaient à la même hauteur. Le courant d'air ne s'établissait donc qu'en raison de la température plus élevée des chantiers et d'une chute d'eau froide dans les puits d'entrée d'air.

La distribution de l'air n'était pas meilleure. Trois galeries en cul-de-sac de 40, 50 et 70 mètres de longueur n'étaient aérées que par diffusion.

Circonstances de l'accident. — Une explosion s'étant produite dans les travaux du puits Cinq-Sous à l'étage de 200 mètres, dans une galerie en cul-de-sac de 40 mètres de longueur, six ouvriers furent brûlés et asphyxiés.

Remarques particulières. — La galerie n'était aérée que par diffusion.

Les ouvriers étaient chargés du démontage de leur lampe et l'une des victimes négligeait depuis quelque temps de se servir de la virole destinée à maintenir le treillis, de sorte que le ballottement de ce dernier mettait l'intérieur de la lampe en communication directe avec l'atmosphère de la mine.

Lors du sauvetage, il ne fut pas possible de parcourir tous les travaux où l'accident avait eu lieu, à cause de la présence du grisou qui faisait craindre un nouvel accident.

Mesures prises à la suite de l'accident. — Une cheminée d'appel a été construite pour activer l'aérage.

A. — MINES DE HOUILLE

1. — BASSIN DU CREUZOT ET DE BLANZY

1. — Concessions

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
586	1853 9 Septembre.	Puits Ravez. — Couche N° 2. — Niveau de 230m.	9 dont 4 Brûlés et 5 Asphyxiés.	»	687	192427	Galerie en cul-de-sac de 100m de longueur, aérée seulement par diffusion.	? Lampe de sûreté dont le treillis aurait été percé.	? Maladresse de l'une des victimes qui aurait percé le treillis de sa lampe d'un coup de pic.
587	Id. 29 Septembre.	Puits Cinq-Sous. — Couche N° 1.	13 Brûlés et asphyxiés.	»	Id.	Id.	Galerie en cul-de sac de 93m de longueur, ventilée seulement par diffusion et au moyen d'un courant d'air insuffisant et mal distribué.	?	»

I. — GROUPE DE LA BOURGOGNE ET DU NIVERNAIS.

1. — Département de Saône-et-Loire.

Mines de Blanzy (houille).

OBSERVATIONS.

11

Indications générales. — L'aérage général pouvait être satisfaisant ; l'air entrait par le puits Ravez et sortait par le puits Sainte-Hélène sur lequel était établi un ventilateur.

Mais la distribution de l'air était vicieuse ; une galerie en cul-de-sac de 100 mètres de longueur n'était aérée que par diffusion. De plus, l'entrée de cette galerie était à 850 mètres du puits d'arrivée de l'air.

Circonstances de l'accident. — Une explosion de grisou se produisit au niveau de 230 mètres de la couche Ravez, dans la galerie citée plus haut.

Le jour même, après avoir rétabli l'aérage, on put retirer les victimes au nombre de neuf : six ouvriers occupés dans la galerie et dans le voisinage et trois ouvriers qui s'étaient portés à leur secours immédiatement après l'accident et n'avaient pu atteindre le foyer de l'explosion.

Les premiers avaient été brûlés ; les seconds, asphyxiés.

Remarques particulières. — Près du front de taille, on retrouva une lampe écrasée et percée de deux trous en regard, probablement produits par un coup de pic. Une autre lampe fut retrouvée allumée près de l'un des ouvriers asphyxiés.

Pendant le sauvetage, on ne put cheminer sur le lieu de l'accident qu'en établissant des cloisons dans les galeries pour forcer l'air à suivre les travailleurs.

Quelques instants avant l'explosion, le ventilateur s'était arrêté accidentellement. Cet arrêt du ventilateur n'a pu être considéré comme l'une des causes de l'accident ; il était mis en mouvement par la machine d'extraction ; sa marche était par conséquent intermittente.

Indications générales. — L'aérage se faisait comme au moment de l'accident survenu le 25 avril 1851 ; la cheminée d'appel avait été démolie au mois de juillet 1853.

La distribution de l'air n'était pas meilleure, puisqu'une galerie en cul-de-sac de 93^{m} de longueur, n'était aérée que par diffusion.

Circonstances de l'accident. — On travaillait au puits Cinq-Sous aux deux étages de 200 et 225^{m}. Une explosion de grisou se produisit dans les travaux de l'étage inférieur, dans une galerie en cul-de-sac de 93^{m} de longueur, aérée seulement par diffusion. Elle ne se propagea pas à l'étage supérieur.

Quarante-trois ouvriers se trouvaient dans les deux étages ; trente d'entre eux, retrouvés près du puits, purent être remontés et sauvés ; un autre mourut au jour ; les douze derniers furent retrouvés brûlés et asphyxiés, le plus grand nombre à la place même qu'ils occupaient. La recherche des cadavres dura plus d'un mois.

Les boisages continuèrent à brûler un certain temps après l'explosion.

Mesures prises à la suite de l'accident. — L'aérage fut activé au moyen d'un ventilateur Duvergier.

A. — MINES DE HOUILL

1. — BASSIN DU CREUZOT ET DE BLAN

1. — Concessio

N° d'ordre.	DATE de l'accident.	LIEU de l'accident.	NOMBRE d'ouvriers		OUVRIERS au fond.	PRODUCTION annuelle de la mine.	CAUSES DE L'ACCIDENT		
							Causes directes		Causes indirectes.
			Tués.	Blessés.			de l'accumulation du gaz.	de l'inflammation du gaz.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
						Tonnes.			
588	1855 22 Décembre.	Puits Ravez. — 2me Couche du Montceau. — Étage de 230 m	29 dont 2 Brûlés 25 Brûlés et asphyxiés et 2 contusionnés.	»	750	210055	Montage en cul-de-sac, au pied duquel arrivait l'air chargé de gaz qui avait déjà passé au front des tailles de l'étage.	? Coup de mine ayant percé inopinément dans un ouvrage où du grisou s'était accumulé.	Mauvaise dis position des tra vaux au point d vue de l'aérage. Mauvais état des plans des tra vaux.

— GROUPE DE LA BOURGOGNE ET DU NIVERNAIS.

- Département de la Saône-et-Loire.

Blanzy (suite).

OBSERVATIONS.

11

Indications générales. — Le charbon était assez gros et friable et ne dégageait de grisou que sur certains points seulement.

La mine comprenait deux puits jumeaux, sur lesquels étaient ouverts trois étages à 230 mètres, 290 mètres et 306 mètres. Les travaux à l'étage de 290 mètres étaient très-étendus. L'étage de 230 mètres était aussi très-important ; mais jusqu'au jour de l'accident, il était sans communication avec les deux autres.

On travaillait depuis longtemps à ouvrir une communication entre l'étage de 290 mètres et celui de 230 mètres. On avait tout d'abord commencé à cet effet une remontée dans le premier niveau, en suivant un lit de rocher que l'on prenait pour le mur de la couche et qui, en réalité, n'était qu'un nerf intercalaire. Ce montage incliné à 40° avait été interrompu depuis deux ans par suite de la difficulté d'aérer son extrémité supérieure qui avait atteint une faille. Depuis cette époque, on avait ouvert, à l'étage de 230 mètres, un travers-bancs, marchant à la rencontre de la tête du montage. L'incertitude des anciens plans obligeait à n'avancer qu'avec beaucoup de tâtonnements. Depuis quelque temps ce travers-bancs avait pénétré dans le charbon. Le montage abandonné formait la partie supérieure de l'étage de 290 mètres ; il avait 6m9 de section ; le courant d'air qui passait au pied n'y arrivait qu'après avoir traversé la majeure partie des tailles de cet étage. On avait, pour parer au danger, établi dans ce montage un mur de refend longitudinal de 56 mètres terminé au bas, dans la galerie de roulage, par une porte d'aérage et à la partie supérieure par un ventilateur aspirant qui, à l'aide de gros tuyaux, allait chercher le gaz à 66 mètres au-delà jusqu'au sommet de la galerie pour aller les rejeter dans le courant général.

Pour diriger le percement du travers-bancs à l'étage de 230 mètres, on faisait frapper, à des heures déterminées, quelques coups au haut du montage, par un homme spécial non muni d'une lampe. Enfin, à l'avancement du travers-bancs lui-même, on ne marchait que sous la protection de coups de sonde dirigés suivant l'axe et dans les angles du front de la galerie. Les instructions nécessaires étaient données pour le cas où le trou de sonde percerait dans le vide.

Six mois avant l'accident, le feu s'était déclaré dans un cul-de-sac, à l'extrémité des travaux de l'étage de 290 mètres, et à 300 mètres environ du grand montage. On avait établi un barrage pour l'arrêter.

L'air entrait par l'étage de 306 mètres, remontait à l'étage de 290 mètres et, après l'avoir parcouru, sortait par la descenderie de Sainte-Hélène. Le parcours de l'air était d'au moins 3 kilomètres. La communication entre les étages de 290 et 230 mètres ne constituait qu'un palliatif insuffisant à la mauvaise disposition de l'aérage, et l'on avait commencé, pour porter efficacement remède, le fonçage d'un nouveau puits.

Circonstances de l'accident. — Les ouvriers de la galerie au rocher attendaient, pour commencer leur travail, le signal du surveillant du montage. Le maître mineur, après avoir parcouru les travaux de l'étage de 290 mètres, sauf toutefois le montage où on lui avait dit que se trouvait le chef de poste surveillant, commençait la visite de l'étage de 230 mètres, lorsqu'une violente détonation se fit entendre. Les gaz viciés envahirent rapidement les galeries de l'étage supérieur, néanmoins les ouvriers purent se sauver à l'exception de quatre, qui se trouvaient à l'extrémité des travaux.

A l'étage de 290 mètres on constata un violent refoulement d'air vers le puits ; la casquette d'un ouvrier fut entraînée jusqu'au jour. Quelques mineurs purent s'échapper ; les autres, au nombre de vingt-trois, furent retrouvés morts ; deux autres succombèrent chez eux aux suites de leurs brûlures.

Le sauvetage fut long et pénible. L'explosion avait provoqué de nombreux éboulements qui obstruaient les passages ; le feu avait pris aux boisages et se communiquait à la houille.

On dut d'abord circonscrire l'incendie au moyen de barrages provisoires établis en planches enduites d'argile. En pénétrant dans l'étage de 230 mètres, on constata que le montage et le travers-bancs étaient en communication par une ouverture de 0m30 à 0m40 de diamètre, existant dans la faible paroi qui les

A. — MINES DE HOUILL

1. — BASSIN DU CREUSOT ET DE BLA

1. — Concessi

Nos d'ordre	DATE de l'accident.	LIEU de l'accident.	NOMBRE d'ouvriers		OUVRIERS au fond.	PRODUCTION annuelle de la mine.	CAUSES DE L'ACCIDENT		
							Causes directes		Causes indirectes.
			Tués.	Blessés.			de l'accumulation du gaz.	de l'inflammation du gaz.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
						Tonnes.			
589	1858 15 Mars.	Puits Cinq-Sous.	1 Brûlé.	»	818	240000	Montage en cul-de-sac.	Lampe de sûreté détamisée.	Imprudence de la victime qui avait détamisé sa lampe de sûreté.

I. — GROUPE DE LA BOURGOGNE ET DU NIVERNAIS.

1. — Département de la Saône-et-Loire.

Blanzy (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

séparait. On élargit cette ouverture pour activer l'aérage.

Au-delà du montage, les galeries étaient entièrement effondrées ; on y retrouva sept ouvriers ensevelis sous les débris.

On retrouva également, dans le puisard, le train de bennes vides et le cheval qui le conduisait, ainsi que les cadavres du conducteur et de l'un des enchaîneurs qui y avaient été précipités.

A l'étage de 290 mètres, le barrage très-épais qui avait été construit au mois de juin précédent pour arrêter un incendie, était complètement détruit et les gaz de l'incendie, filtrant à travers les éboulements, arrivaient jusqu'à l'étage de 230 mètres et menaçaient d'envahir toute la mine.

Remarques particulières. — Il n'est pas certain qu'on ait fait fonctionner le ventilateur du montage en temps opportun, ni que le surveillant l'ait visité.

L'accident est arrivé à la fin d'un poste c'est-à-dire après qu'une grande quantité de houille fraîche venait d'être abattue.

Mesures prises à la suite de l'accident. — 1° Les travaux ont été suspendus dans l'etage de 306 mètres.

2° Le Préfet de Saône-et-Loire a été invité :

a. — A se faire rendre compte de l'état des mines à grisou de la concession de Blanzy et à interdire les travaux dans celles où la sécurité des ouvriers ne serait pas suffisamment garantie.

b — A exiger dans toutes les mines du département de Saône-et-Loire un nombre d'ouvertures au jour suffisant pour assurer un bon aérage et permettre, en cas d'accident, la sortie des ouvriers ; et à interdire d'une manière générale le percement des remontages en cul-de-sac, sauf dans certains cas spéciaux et avec des mesures convenables de précaution.

c. — A n'autoriser l'ouverture de puits, galeries, ou travaux neufs qu'après présentation d'un plan et d'un mémoire explicatif ; à se faire rendre compte de l'état des plans de toutes les mines de houille du département ; à faire au besoin compléter aux frais des concessionaires ceux qui seraient reconnus insuffisants ; et enfin, en cas de nécessité, à mettre les mines suspectes en surveillance, conformément aux dispositions des cahiers des charges annexés aux décrets de concession.

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier travaillait dans une remontée en cul-d sac. En enlevant le tamis de sa lampe, il determina une petite explosion de grisou qui le brûla mortelment.

A. — MINES DE HOUILL

1. — BASSIN DU CREUSOT ET DE BLA

1. — Concess

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes.			
590	1858 16 Octobre.	Puits Cinq-Sous.	2 Brûlés.	»	818	240000	Vieux travaux incendiés.	?	? Mode vicieux d'exploitation.
591	1860 6 et 7 Avril.	Puits Sainte-Marie.	15 Brûlés.	»	827	263660	Gaz provenant d'un massif de houille incendié.	»	»
592	1861 21 Octobre.	Puits Sainte-Élisabeth.	»	1 Brûlé.	737	302355	Montage mal aéré.	Lampe à feu nu.	Imprudence de la victime qui avait pénétré avec une lampe ordinaire dans un chantier qu'elle savait grisouteux.

4. — GROUPE DE LA BOURGOGNE ET DU NIVERNAIS.

1. — Département de Saône-et-Loire.

Le Blanzy (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

Circonstances de l'accident. — Deux ouvriers furent tués par une petite explosion de grisou qui avait fait sauter la soupape en lambris d'un barrage isolant de vieux travaux incendiés.

Remarques particulières. — L'explosion a été attribuée à des éboulements derrière le barrage, qui auraient refoulé violemment les gaz sur les lampes des mineurs, après avoir fait sauter la soupape. On a supposé aussi que le grisou des vieux travaux avait pu s'enflammer au contact de l'incendie mal éteint.

La cause première résidait vraisemblablement dans le mode vicieux d'exploitation.

Circonstances de l'accident. — Quinze ouvriers furent brûlés mortellement par l'inflammation à deux reprises successives et sur le même point du gaz se dégageant d'un foyer en combustion.

Remarques particulières. — Cet accident n'est pas un accident de grisou proprement dit.

Indications générales. — L'aérage était défectueux dans toutes les parties de la mine éloignées du courant d'air et principalement dans les montages.

Le grisou ne s'était pas encore montré dans les travaux du puits Ste-Elisabeth. Le charbon abattu dégageait des gaz irrespirables qui éteignaient les lampes. L'air manquait alors dans les chantiers et pour y pénétrer, on était obligé, en vue d'opérer le mélange des gaz, soit d'agiter ses vêtements, soit d'y monter et de jeter le charbon à la pelle.

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier avait laissé ses outils dans un montage le samedi soir. Le lundi matin, le maître-mineur le prévint que son chantier étant infecté, il le ferait travailler ailleurs. L'ouvrier voulant avoir ses outils se contenta de baisser la mèche de sa lampe pour traverser le bas du montage qui se trouvait rempli d'acide carbonique et gagna rapidement le sommet. Une petite quantité de grisou qui s'y était accumulé prit feu et lui fit des brûlures assez graves

Mesures prises à la suite de l'accident. — Tous les ouvriers du puits ont été munis de lampes de sûreté.

STATISTIQUE DE

A. — MINES DE HOUILL

1: — BASSIN DU CREUZOT ET DE BLANZY

1. — Concessio

(Instituée par décr

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	Causes indirectes. 10
						Tonnes.			
582	1846 9 Janvier.	Puits Sainte-Marie.	»	2 Brûlés.	294	89340	Puits en fonçage.	Lampe à feu nu.	Négligence de la part des victimes.
583	1847 13 Août.	Id.	»	2 Brûlés.	294	89340	Remontée en cul-de-sac.	Flamme d'une lampe de sûreté chassée hors du treillis.	Imprudence de l'une des victimes qui, voyant sa lampe de sûreté se remplir de flammes, avait soufflé dessus pour l'éteindre.
584	1848 4 Août.	Id.	»	2 Brûlés.	294	89340	Remontée en cul-de-sac.	Lampe à feu nu.	»
585	1851 25 Avril.	Puits Cinq-Sous. — Couche N° 1. — Étage de 200m	6 Brûlés et asphyxiés.	»	615	159755	Aérage général insuffisant. Mauvaise distribution de l'aérage	Lampe de sûreté incomplètement fermée.	Imprudence de l'une des victimes, qui se servait d'une lampe de sûreté incomplètement fermée.

4. — GROUPE DE LA BOURGOGNE ET DU NIVERNAIS.

a. — Département de Saône-et-Loire.

de Blanzy.

du 29 Mars 1769.)

OBSERVATIONS

11

Circonstances de l'accident. — Deux ouvriers travaillaient au fonçage d'un puits lorsqu'une petit quantité de grisou s'enflamma sur une lampe à feu nu et les brûla tous les deux.

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier travaillait dans une remontée en cul-de-sac. Voyant sa lampe de sûreté se remplir de feu, il souffla dessus ; mais il fit ainsi sortir la flamme hors du tamis au lieu de l'éteindre.

Une inflammation générale de grisou se produisit et le brûla ainsi qu'un de ses camarades qui se trouvait près de lui.

Circonstances de l'accident. — Une inflammation de grisou brûla deux ouvriers dans un chantier en cul-de-sac, où l'on travaillait avec des lampes à feu nu.

Indications générales. — L'aérage, très-insuffisant et vicieux, se faisait naturellement entre deux puits dont les orifices étaient à la même hauteur. Le courant d'air ne s'établissait donc qu'en raison de la température plus élevée des chantiers et d'une chute d'eau froide dans les puits d'entrée d'air.

La distribution de l'air n'était pas meilleure. Trois galeries en cul-de-sac de 40, 50 et 70 mètres de longueur n'étaient aérées que par diffusion.

5

Circonstances de l'accident. — Une explosion s'étant produite dans les travaux du puits Cinq-Sout à l'étage de 200 mètres, dans une galerie en cul-de-sac de 40 mètres de longueur, six ouvriers furen brûlés et asphyxiés.

Remarques particulières. — La galerie n'était aérée que par diffusion.

Les ouvriers étaient chargés du démontage de leur lampe et l'une des victimes négligeait depuis quelque temps de se servir de la virole destinée à maintenir le treillis, de sorte que le ballottement de ce dernier mettait l'intérieur de la lampe en communication directe avec l'atmosphère de la mine.

Lors du sauvetage, il ne fut pas possible de parcourir tous les travaux où l'accident avait eu lieu, à cause de la présence du grisou qui faisait craindre un nouvel accident.

Mesures prises à la suite de l'accident. — Une cheminée d'appel a été construite pour activer l'aérage.

STATISTIQUE DE

A. — MINES DE HOUILLE

1. — BASSIN DU CREUZOT ET DE BLANZ

1. — Concession

Nos d'ordre 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes.			
596	1867 12 Décembre.	Puits Cinq-Sous. — Couche N° 1	89 dont 31 Brûlés et 58 Asphyxyés.	47 dont 14 grièvement.	1527	443651	Invasion subite, dans les quartiers en exploitation, du grisou accumulé dans de vieux travaux non remblayés, soit à la suite d'un effondrement considérable du toit de la couche, soit par l'effet d'une augmentation constatée de la pression de l'eau de la mine. Aggravation des effets de l'explosion par la combustion partielle des poussières de charbon soulevées par l'invasion du gaz et surtout par l'explosion elle-même.	? Flamme d'une lampe de sûreté chassée hors du treillis par un courant de gaz.	Vices de l'ancienne méthode d'exploitation par ou droyage, d'où étaient résultés, dans les vieux travaux non remblayés, des vides plus ou moins considérables dans lesquels le grisou avait pu s'accumuler.

4. — GROUPE DE LA BOURGOGNE ET DU NIVERNAIS.

1. — Département de Saône-et-Loire.

de Blanzy (*suite*).

OBSERVATIONS

11

Indications générales. — On exploitait au puits Cinq-Sous la grande couche supérieure de Blanzy de 15m d'epaisseur. A cause des nombreux feux résultant du mode d'exploitation par foudroyage employé jusqu'en 1863, les travaux se trouvaient concentrés au nord-est des puits entre les niveaux de 200 et 165m et au-dessous du niveau de 200m dans le quartier dit de la Descenderie.

Circonstances de l'accident. — Par suite de la présence aux étages supérieurs de feux remplissant le rôle de foyers d'aérage, le courant d'air, quoique naturel, était assez énergique pour balayer convenablement le gaz se dégageant dans les conditions ordinaires des travaux supérieurs à la Descenderie.

D'autre part, ces feux avaient obligé de concentrer les travaux dans la partie nord du champ d'exploitation de Cinq-Sous et les parties extrêmes ne se trouvaient pas à plus de 300m des puits, de sorte que l'air, qui desservait autrefois un vaste champ d'exploitation, n'avait plus à aérer que des travaux relativement restreints.

Pour éviter d'activer les feux, on modérait le courant d'air en fermant partiellement le puits N° 1 par lequel il entrait et on laissait ouvertes des portes d'aérage à l'intérieur de la mine. Il en résultait que l'une des branches du courant d'air qui parcourait les niveaux de 200, 188 et 170m, dans lesquels l'accident s'est produit, pouvait être considérée comme insuffisante.

D'un autre côté, les travaux de la descenderie n'étaient aérés que par diffusion sur des longueurs pouvant atteindre 70m.

Le grisou se montrait rarement dans la mine.

Le 12 décembre 1867, une formidable explosion se produisit dans les travaux. Le bruit en arriva jusqu'aux maisons voisines ; une fumée épaisse s'échappa par les deux puits. Au puits N° 2, servant à l'extraction, la cage reposant sur ses taquets fut soulevée de 0m50 et un encageur de la recette de 200m fut précipité au fond du puisard. Au puits N° 1, servant à l'entrée de l'air, les planches qui fermaient en partie l'orifice furent projetées à distance.

Des cent cinquante-sept ouvriers se trouvant dans la mine, vingt et un seulement sortirent ou furent retirés sains et saufs.

La recherche des victimes, commencée aussitôt après l'accident, dura quarante-huit jours. Il fallut rétablir le courant d'air, relever ou tourner les éboulements et construire des barrages contre des incendies qui s'étaient ravivés en deux points des travaux. On dut laisser seize cadavres dans la mine ; quatorze dans le voisinage d'un incendie, au niveau de 170m et deux sous un éboulement, au niveau de 200m.

Les flammes avaient parcouru les niveaux de 200 et 188m, une partie du niveau de 170m et les travaux de la descenderie. Dans ces derniers travaux, les seuls abordables quelques jours après l'accident et composés de galeries en cul-de-sac se ramifiant de chaque côté d'une descenderie qui partait du niveau de 200m, des croûtes de coke s'étaient déposées sur les faces des bois tournées vers les fronts de taille ; leur épaisseur atteignait un centimètre et demi et elles s'arrêtaient à quelques mètres de l'avancement.

Dans la descenderie, les ouvriers avaient presque tous été asphyxiés. Dans les autres quartiers ils avaient été brûlés ; ceux qui se trouvaient dans les chantiers en cul-de-sac avaient seuls été asphyxiés.

Remarques particulières. — L'entrée des travaux de la descenderie a été considérée comme le point de départ de l'explosion, ces travaux n'étant aérés que par diffusion et les fronts de taille les plus éloignés étant à 70m du courant d'air.

Les massifs avaient été profondément drainés et fissurés par les travaux antérieurs ; on a supposé que

A. — MINES DE HOUIL

1. — BASSIN DU CREUSOT ET DE BLA

2. — Concess

Nos d'ordre	DATE de l'accident.	LIEU de l'accident.	NOMBRE d'ouvriers		OUVRIERS au fond.	PRODUCTION annuelle de la mine.	CAUSES DE L'ACCIDENT		
							Causes directes		Causes indirectes.
			Tués.	Blessés.			de l'accumulation du gaz.	de l'inflammation du gaz.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
						Tonnes.			
597	1871 7 Février.	Puits Sainte-Marie.	1 Brûlé.	1 Brûlé grièvement.	1865	465414	Bure en percement.	Flamme d'un coup de mine.	Imprudence des victimes qui ne s'étaient pas abritées à une assez grande distance du coup de mine.

I. — GROUPE DE LA BOURGOGNE ET DU NIVERNAIS.

1. — Département de Saône-et-Loire.

Blanzy (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

le grisou s'était dégagé subitement de vieux travaux voisins de la descenderie, qui avaient dû être abandonnés à cause de la grande quantité de gaz qu'ils dégageaient et des feux qui s'y étaient déclarés.

Plus au nord, se trouvaient des vides résultant de grands dépilages commencés par la méthode de foudroyage et également abandonnés à cause des feux. Dans l'un de ces vides, on avait versé un million de mètres cubes de remblais.

Le grisou a pu être chassé de ces vieux travaux, soit par suite d'un effondrement du toit de la couche formé cependant de grés solides de 20^{m} de puissance, soit par suite de la pression de l'eau de la mine, dont le niveau s'était élevé de 0^{m}64 depuis le dernier épuisement.

D'un autre côté, les poussières de houille sèche, à longue flamme, et d'une extrême combustibilité ont dû jouer un grand rôle dans l'accident.

Quant à la cause de l'inflammation, elle est restée inconnue. Le tirage à la poudre était permis ; mais il est à peu près certain qu'aucun coup de mine n'a été tiré au moment de l'accident. Les lampes de sûreté employées étaient à simple treillis métallique et l'invasion subite du grisou a pu donner lieu à un courant assez violent pour faire sortir la flamme de l'une d'elles hors de son treillis.

On n'a pas trouvé trace de gaz dans les travaux de la Descenderie, dans les visites faites huit jours après l'accident, bien que ces travaux eussent été interceptés par des éboulements et que la mine se trouvât alors dans de mauvaises conditions sous le rapport de l'aérage. Cette circonstance peut faire douter d'un dégagement normal de gaz et faire croire plutôt à une invasion subite de gaz accumulé dans les vieux travaux.

Indications générales. — L'aérage était bon.

Circonstances de l'accident. — Dans une galerie de l'étage de 300 mètres, deux ouvriers perçaient un bure au charbon, qui devait rencontrer une ancienne galerie à 13 mètres de profondeur. Le percement était précédé d'un trou de sonde de 1^{m}40. A 6^{m}70 de profondeur, on rencontra un nerf de grés schisteux et les ouvriers préparèrent au fond du bure un coup de mine, qu'ils chargèrent avec une cartouche. Le coup ne partit pas; l'un des ouvriers revint le débourrer, ajouta une demi cartouche et l'alluma de nouveau; cette fois le coup partit et produisit deux explosions coup sur coup. A la suite de la deuxième, des flammes arrivèrent jusqu'aux deux ouvriers, qui s'étaient réfugiés dans une galerie en retour à 7^{m}50 de la cheminée.

Tous deux furent grièvement brûlés ; l'un d'eux mourut des suites de ses brûlures.

Remarques particulières. — Le courant d'air passait à 5^{m}40 de la cheminée en percement. Partout le charbon était massif et compact.

Le coup de vent avait été assez fort pour éteindre une lampe à 35 mètres du bure. Des grains de coke boursouflés avaient été déposés sur les cadres du bure et de la galerie.

Le coup avait fait canon.

Avant l'accident, le maître mineur avait visité le chantier sans reconnaître de trace de gaz ; on n'en a pas retrouvé davantage après. Le grisou ne paraît donc pas avoir joué un rôle important dans l'explosion ; les poussières de charbon soulevées et enflammées en ont sans doute beaucoup aggravé les conséquences.

Les ouvriers n'ont été brûlés que parce qu'ils se trouvaient trop près du coup de mine fortement chargé.

A. — MINES DE HOUILL

1. — BASSIN DU CREUZOT ET DE BLA

1. — Concess

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes.			
538	1872 8 Novembre.	Puits Sainte-Eugénie (ancien puits Cinq-Sous).	41 dont 29 Brûlés.	2. Brûlés légèrement.	1175	493560	Cloche au toit d'un chantier en cul-de-sac de 23m de longueur, situé dans le voisinage de failles, dans un massif très fissuré et aéré seulement par diffusion.	Allumette employée pour l'allumage d'un coup de mine.	Imprudence d l'une des victim qui, malgré la dé fense, avait pre paré un coup d mine à la cou ronne de se chantier, contrai rement au régle ment, et l'avait allumé probable ment avec une al lumette.

— GROUPE DE LA BOURGOGNE ET DU NIVERNAIS.

Département de Saône-et-Loire.

Blanzy (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

Indications générales. — L'aerage se faisait naturellement entre les puits N° 1 et N° 2 et le courant d'air parcourait la partie Est des travaux avant de gagner la partie Ouest. Le volume d'air était suffisant.

A la suite de quelques accidents sans gravité survenus au puits Ste-Eugénie, le tirage à la poudre avait été réglementé avec soin, aucun coup de mine ne devait être tiré sans que le chef de poste eût visité le chantier. Un boute-feu était chargé de l'allumage.

Les travaux de l'étage de 259^{m}, commencés en 1872, étaient encore peu développés. Vers l'ouest, on s'avançait en première tranche et on avait commencé à s'élever sur les remblais en seconde tranche. Vers l'est, la première tranche était à peu près complètement prise jusqu'à deux failles près desquelles on avait rencontré un charbon très barré de schistes, très fissuré et donnant un peu de grisou.

Circonstances de l'accident. — On avait commencé à remblayer les galeries maîtresses du toit et du mur en se rapprochant des puits, et avant qu'on continuât ce travail, un ouvrier enlevait un peu de charbon laissé près de l'extrémité de la galerie maîtresse du mur, entre cette galerie et le mur de la couche. Le dernier percement qui faisait communiquer les deux maîtresses galeries et servait de retour d'air extrême, ayant été remblayé, le chantier se trouvait à 23^{m} du nouveau retour d'air.

Pendant le percement de la mère galerie du mur, la présence d'une petite quantité de grisou avait nécessité l'emploi d'une cloison d'aérage et fait interdire le travail à la poudre dans ce quartier.

Malgré cette interdiction et malgré la défense du chef de poste, l'ouvrier occupé à l'abatage de la petite quantité de charbon restante, fit partir un coup de mine préparé contrairement au règlement à la couronne de son chantier et percé à un niveau supérieur au toit de la galerie, dans une sorte de cloche où devait naturellement se trouver une certaine quantité de gaz. Une explosion s'ensuivit.

Sur cinquante ouvriers qui travaillaient à l'étage de 259^{m}, trente-huit furent retirés morts de la mine, cinq autres plus ou moins brûlés ; trois de ces derniers succombèrent des suites de leurs blessures.

L'accident s'était produit sans détonation, mais seulement avec un bruit sourd. Quatre ouvriers avaient été tués sur le coup dans un rayon de 20 à 30^{m} ; tous les autres avaient eu le temps de s'enfuir. Les portes d'aérage avaient été détruites, mais aucun éboulement ne s'était produit. Le sauvetage et l'enlèvement des victimes furent terminés quatre heures après l'accident.

Après l'accident, alors que toutes les portes d'aérage étaient remplacées par des toiles, le courant d'air débitait encore 14 à 15 mètres cubes par seconde. Mais le chantier où l'accident s'est produit se trouvait à 23 mètres du courant d'air, le peu de charbon qui restait pouvait être enlevé en un jour et on n'avait pas songé à établir une cloison d'aérage pour une si faible quantité de charbon à abattre.

Remarques particulières. — L'ouvrier, auteur de l'explosion, a été retrouvé à 12^{m} seulement de son chantier ; sa lampe était restée accrochée à l'un des cadres. Ces circonstances ont fait penser que le feu avait été mis au gaz au moment de l'allumage du coup de mine avec une allumette, car si le départ du coup eut déterminé l'explosion, l'ouvrier eût emporté sa lampe et se fût réfugié à une assez grande distance.

Les poussières de houille n'ont pas joué un grand rôle dans l'accident. Les galeries de l'étage de 259^{m} étaient arrosées deux fois par semaine ; elles l'avaient été la veille de l'accident. Des croûtes de coke s'étaient déposées en très faible quantité sur les bois

A. — MINES DE HOUIL

1. — BASSIN DU CREUSOT ET DE BLA

1. — Concess

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes.			
599	1874 19 Mai.	Puits N° 8. — 3e Couche.	»	1 Brûlé grièvement.	2103	595309	Suspension de travail de 9 heures, dans un montage de 11 mètres de longueur, aéré seulement par diffusion, et dans lequel un souffiard s'était ouvert.	Lampe à feu nu (employée d'une manière habituelle)	»

2. — Concession

(Instituée par décret

600	1833 16 Avril.	Puits Momby.	1 Asphyxié.	7 Brûlés.	?	?	Suspension de l'aérage dans deux cheminées par suite de l'ouverture intempestive d'une porte. Expulsion subite, dans un niveau voisin, au moment de la fermeture de la porte, du grisou accumulé dans ces deux cheminées.	Lampes à feu nu (employées d'une manière habituelle)	Négligence de surveillants qu eussent dû s'assu rer de la ferme ture des porte d'aérage.

I. — GROUPE DE LA BOURGOGNE ET DU NIVERNAIS.

1. — Département de Saône-et-Loire.

Blanzy (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

Indications générales. — L'aérage était peu actif. L'air entrait par le puits N° 8, pénétrait dans les travaux au niveau de 112^{m}, revenait au puits au niveau de 97^{m} et remontait au jour dans une colonne de tuyaux de 0^{m},60 de diamètre, se prolongeant de 6^{m} au-delà du puits et dans laquelle s'échappait la vapeur de la machine d'extraction.

Le volume d'air parcourant les travaux n'était que de 0^{m3},400 par seconde pour une production de quinze tonnes par vingt-quatre heures.

Le grisou ne s'était pas encore montré dans les travaux de la troisième couche du système Blanzy et on y employait des lampes à feu nu.

Circonstances de l'accident. — Un montage, partant de la galerie de retour d'air la plus élevée des travaux avait atteint 11^{m} de longueur. L'air y devenant malsain, on y décida l'établissement d'une porte et d'une colonne de tuyaux pour amener l'air au front de taille. Les quatre ouvriers désignés pour ce travail arrivaient au bas du montage après une interruption de travail de neuf heures. L'un d'eux y pénétra, avec sa lampe à feu nu, pour chercher des outils ; à peine avait-il fait 4 ou 5^{m} qu'une explosion de grisou se produisit et le brûla grièvement ; les trois autres ouvriers furent renversés, mais ne furent pas atteints par la flamme, qui s'éleva jusqu'au sommet du montage.

Remarques particulières. — Le grisou s'était dégagé d'un soufflard dont on put entendre le bruit après l'accident et s'était accumulé dans le montage pendant l'interruption du travail.

Mesures prises a la suite de l'accident. — Un arrêté préfectoral du 2 juillet 1874 a prescrit l'emploi des lampes de sûreté dans les travaux de la couche N° 3.

du Creuzot.

du 29 Mars 1769)

Indications générales. — Les travaux étaient parcourus par un courant d'air puissant et bien distribué. L'air entrait par les Puits Mamby et de l'Ouche et sortait par le Puits des Mouillots.

Circonstances de l'accident. — Une porte d'aérage se fermant elle-même, établie dans une galerie de niveau et gardée par deux enfants, forçait le courant d'air à passer dans deux cheminées parallèles.

Les deux enfants ayant abandonné leur poste et la porte s'étant trouvée dérangée, elle fut laissée ouverte à la fin d'un poste et le grisou s'accumula pendant la nuit dans les deux cheminées.

Le lendemain matin, au moment de la rentrée des ouvriers, la porte fut fermée ; le gaz chassé des cheminées par le courant d'air, se répandit dans le niveau et s'enflamma sur les lampes à feu nu. Une explosion se produisit. Un ouvrier fut asphyxié et sept autres brûlés plus ou moins grièvement.

L'explosion ne fut pas violente et ne causa aucun dégât dans les travaux.

A. — MINES DE HOUIL

1. — BASSIN DU CREUZOT ET DE BLA

2. — Concess

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	Lieu de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes de l'accumulation du gaz 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
601	1833 30 Décembre.	Puits Mamby.	17 dont 11 Asphyxyés et 6 Brûlés.	17 dont 16 Brûlés.	?	Tonnes ?	Dégagement subit de gaz.	Lampes à feu nu (employées habituellement).	»
602	1839 Mars.	Puits du Creuzot.	1 Brûlé.	»	?	?	? Fissures existant au barrage d'un quartier incendié	Lampe à feu nu.	Manque de pru dence de la pa de la victime
603	1859 14 Mai.	Puits du Sud.	1	»	724	136180	Galerie en cul-de sac, légèrement montante, aérée seulement par diffusion.	Lampe à feu nu	»

2. — GROUPE DE LA BOURGOGNE ET DU NIVERVAIS.

2. — Département de Saône-et-Loire.

Au Creuzot (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

Indications générales. — Les travaux étaient bien aérés ; l'air y circulait avec force et sa marche était assurée par des portes fermées à clef et bien établies.

Circonstances de l'accident. — Une explosion de grisou se produisit dans l'étage moyen des travaux du puits Mamby où l'on employait des lampes à feu nu.

Trente-sept ouvriers travaillaient à cet étage. Trois seulement restèrent sains et saufs ; seize reçurent des brûlures plus ou moins graves; douze, parmi lesquels on ne put sauver qu'un enfant, furent asphyxiés en cherchant à gagner les puits ; les sept derniers qui se trouvaient près du puits y furent précipités d'une hauteur de 60^{m} : six d'entre eux furent tués, le septième grièvement blessé.

Les dégâts matériels furent presque nuls : seule, une porte d'aérage fût détruite.

Le courant d'air, un instant renversé, se rétablit dès qu'on eût remplacé la porte par un barrage en foin.

Remarques particulières. — Le foyer originel de l'explosion n'a pu être déterminé ; toutes les parties de la mine avaient été visitées la veille. L'accident a été attribué à un dégagement subit de gaz.

Mesures prises à la suite de l'accident. — Un arrêté préfectoral du 2 janvier 1834 a prescrit l'usage des lampes de sûreté dans les travaux du puits Mamby et du puits de l'Ouche.

Circonstances de l'accident. — L'ingénieur de la mine fut tué en visitant avec une lampe à feu nu un barrage établi contre un quartier incendié.

Circonstances de l'accident. — On perçait, en l'attaquant par les deux bouts, une galerie d'écoulement légèrement inclinée. Au moment de la jonction, le grisou qui s'était accumulé dans la partie montante, s'enflamma sur la lampe à feu nu du mineur qui travaillait de l'autre côté de la cloison et le brûla mortellement.

Remarques particulières. — L'aérage était insuffisant dans le tronçon montant, et au montant de la jonction on aurait dû prendre de grandes précautions.

A. — MINES DE HOUILLE

1. — BASSIN DU CREUSOT ET DE BLANZY

2. — Concessions

N°s d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes de l'accumulation du gaz. 8	Causes directes de l'inflammation du gaz. 9	Causes indirectes. 10
604	1869 30 Novembre.	Puits Chaptal	»	1 Brûlé grièvement.	724	Tonnes. 136180	Cloche au toit d'une galerie où le travail était interrompu depuis quelque temps.	Lampe de sûreté découverte.	Imprudence de la victime qui avait introduit sa lampe de sûreté découverte dans une cloche du toit.
605	1870 9 Juin.	Puits St-Paul. — Petite veine du Mur	1 Brûlé.	»	717	180768	Suspension de travail de deux jours dans un niveau en cul-de-sac, aéré seulement au moyen d'une gaîne en bois qui n'arrivait qu'à 15 mètres de l'extrémité.	Lampe à feu nu.	Imprudence de la victime qui s'était introduite dans une galerie avec une lampe à feu nu, malgré la défense qui en avait été faite.
606	1874 31 Août.	Puits N° 19. — 1re Couche du Mur.	»	1 Brûlé.	652	184578	Suspension du travail pendant une journée dans une cheminée en cul-de-sac au rocher, située à 20m du courant d'air,	Lampe à feu nu.	Imprudence de l'ingénieur de la mine qui, contrairement à un arrêté préfectoral du 22 décembre 1868, avait permis l'em-

— GROUPE DE LA BOURGOGNE ET DU NIVERNAIS.

— Département de Saône-et-Loire.

Creusot (*suite*).

OBSERVATIONS.

1°

Circonstances de l'accident. — On réparait, dans une galerie du puits Chaptal, abandonnée depuis quelque temps, une cloche qui s'était formée au toit et dans laquelle s'était accumulé du grisou. Un des ouvriers chargés de faire le boisage eut la malheureuse idée d'examiner la cavité avec sa lampe de sûreté après l'avoir découverte. Une petite inflammat on de grisou se produisit et le brûla grièvement.

Indications générales. — Le grisou ne s'était jamais montré qu'en très petite quantité dans la mine et pendant le travail le mouvement des ouvriers suffisait à le faire disparaître.

Circonstances de l'accident. — On remblayait une galerie de direction arrêtée dans un étranglement de la petite veine du mur, au niveau de 189^{m}.

Un ouvrier travaillant dans une galerie, arrivait à son poste après deux ours de chômage. Ayant besoin d'un outil, il pénétra dans le niveau précédent, en tenant sa lampe à feu nu près du sol. Il eut soin de laisser cette lampe à terre, près de l'orifice de la gaîne, avant de s'avancer à l'extrémité du niveau. Au moment où, revenant du front des remblais, il reprenait sa lampe à feu nu, une explosion de grisou se produisit et le brûla mortellement.

Remarques particulières. — La galerie où l'accident s'est produit était aérée au moyen d'une conduite en bois de 46^{m} de longueur, n'amenant l'air qu'à 15^{m} des remblais. Cette gaîne était placée à la partie inférieure de la galerie..

L'explosion ne fut pas forte et ne produisit aucun dégât; la quantité de grisou accumulé devait être faible.

Le gaz se trouvait au toit de la galerie et les mouvements de l'ouvrier en le déplaçant ont dû déterminer son inflammation.

Il avait été défendu aux ouvriers d'aller, avec des lampes à feu n dans la galerie où a eu lieu l'accident.

Mesures prises a la suite de l'accident. — Des lampes de sûret ont été données aux ouvriers de tous les chantiers comme celui où travaillait la victime, qui envoyaient des remblais à la petite veine du mur.

Indications générales. — L'aérage, quoique naturel, était rès satisfaisant; le volume d'air parcourant les travaux était de 2^{m3},430 par seconde pour un extraction de 28 onn spar 24 heures.

Circonstances de l'accident. — A l'extrémité d'un travers-bancs de reconnaissance de 30^{m} de longueur, percé au niveau de 119^{m} et aéré seulement par diffusion, après avoir commencé une cheminée et percé un trou de sonde de 3^{m}95 de profondeur qui avait rencontré la première couche du mur; on continuait la cheminée afin de reconnaître l'allure de cette couche et on avait atteint les schistes du mur à 1^{m}15 de hauteur.

A. — MINES DE HOUILL

1. — BASSIN DU CREUZOT ET DE BLA

2. — Concess

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT Causes directes de l'accumulation du gaz. 8	Causes directes de l'inflammation du gaz. 9	Causes indirectes. 10
							et aérée seulement par diffusion, au sommet de laquelle un trou de sonde avait rencontré une couche de houille.		ploi de lampes feu nu, dans u cheminée mal a rée.

3. — Concession

(Instituée par décret

						Tonnes.			
607	1858 20 Avril.	Puits Wilson.	»	1 Brûlé.	?	?	Chantier en cul-de-sac	Lampe à feu nu.	»
608	1861 23 Août.	Id.	»	2 Brûlés dont 1 grièvement.	486	99132	Suspension de travail et d'aérage pendant l'intervalle de deux postes dans un montage en cul-de-sac, aéré en temps normal au moyen d'un ventilateur à bras. Expulsion subite du gaz accumulé, au moment de la mise en marche du ventilateur.	Id	Négligence d maître-mineur qui, averti de l présence du gr sou dans un chantier, eût d le visiter et don ner des lampes d sûreté aux ouvriers qui devaient y travail ler.

I. — GROUPE DE LA BOURGOGNE ET DU NIVERNAIS.

1. — Département de Saône-et-Loire.

du Creuzot (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

Deux ouvriers, qui travaillaient au percement de la cheminée, avaient reçu de l'ingénieur de la mine la permission de se servir de lampes à feu nu. Ils arrivaient à leur travail après un jour de chômage, lorsque l'un d'eux, après avoir agité sa chemise pour chasser le mauvais air provenant du dernier coup de mine tiré l'avant-veille, éleva sa lampe et détermina l'explosion d'une petite quantité de grisou qui s'était dégagée, soit du mur de la couche, soit de la couche elle-même et s'était accumulée dans la cheminée pendant l'interruption du travail. Cet ouvrier fut brûlé mortellement ; son camarade, resté dans le travers-bancs à un mètre de la cheminée, ne fut pas atteint.

Remarques particulières. — Le travers-bancs et la cheminée n'étaient, depuis quinze ans, aérés que par diffusion.

La présence du grisou n'avait pas été constatée dans les travaux du puits N° 19. On y employait des lampes Dubrulle.

de Montchanin.

du 29 Mars 1769)

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier, muni d'une lampe à feu nu, fut brûlé par une inflammation de grisou dans un chantier en cul-de-sac.

Circonstances de l'accident. —Un montage, en percement au niveau de 119^{m}, avait atteint 12^{m} de longueur. Deux ouvriers, qui y travaillaient avec des lampes à feu nu, ayant constaté la présence du grisou et l'allongement de la flamme de leurs lampes, mirent en mouvement le ventilateur à bras placé au bas du montage et achevèrent leur poste sans avertir le maître mineur de la présence du gaz dans leur chantier. Ils se contentèrent de prévenir l'un des deux ouvriers du poste suivant.

Ceux-ci avertirent le maître mineur et lui demandèrent un manœuvre pour tourner le ventilateur ; mais le maître-mineur, qui cependant avait des lampes de sûreté à sa disposition, ne visita même pas le chantier et se contenta de commander aux ouvriers de tourner le ventilateur.

Ce dernier venait à peine d'être mis en mouvement que le grisou s'enflamma à une lampe à feu nu accrochée à la paroi du montage ; la flamme revint en arrière vers la galerie de niveau et deux petites explosions se produisirent. L'un des ouvriers fut grièvement brûlé et l'autre légèrement.

A. — MINES DE HOUILLE

1. — BASSIN DU CREUSOT ET DE BLANZY

2. — Concession

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10

4. — Concession

(Instituée par décret du

609	1858 17 Juillet.	Puits Louise.	»	2	?	?	»	»	»

5. — Concession

(Instituée par décret du

610	1855 12 Janvier.	Puits Neuf.	»	1 Brûlé légèrement.	10	Tonnes. 2300	Suspension de travail, pendant 24 heures, dans une galerie de recherches en mi-pente en cul-de-sac, aérée seulement par diffusion.	Lampe à feu nu.	Imprudence du Directeur de la mine qui laissait travailler à feu nu, dans une remontée non aérée, dans laquelle la présence du grisou avait été plusieurs fois constatée.

4. — GROUPE DE LA BOURGOGNE ET DU NIVERNAIS.

1. — Département de Saône-et-Loire.

de Montchanin (*suite*)

OBSERVATIONS.

11

Remarques particulières. — Le grisou, chassé de la partie supérieure du montage par la manœuvre du ventilateur à bras, était venu s'enflammer sur une lampe à feu nu placée au bas de ce montage.

de Longpendu.

6 Octobre 1832).

Pas de détails.

de Grand-Moloy.

4 Avril 1831).

Indications générales. — L'aérage général de la mine était à peu près insignifiant, la galerie de recherches n'était elle-même aérée que par diffusion.

Après l'accident, on avait affecté à l'aérage de la galerie où s'est produit l'explosion un petit ventilateur disposé à la surface ; le plus énergique des courants ainsi produits ne donnait que 22 litres d'air par seconde.

Les travaux, longtemps interrompus, avaient été repris depuis peu de temps et comme le grisou ne s'y était jamais montré, on se servait de lampes à feu nu.

La galerie d'allongement du niveau de 123 mètres ayant rencontré un étranglement de la couche, on avait percé une galerie inclinée à mi-pente, dans le but d'éviter cet accident ; on l'avait rencontré

A. — MINES DE HOUILLE

1. — BASSIN DU CREUZOT ET DE BLANZ

5. — Concession d

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT Causes directes de l'accumulation du gaz. 8	de l'inflammation du gaz. 9	Causes indirectes. 10
									Imprudence de la victime qui, malgré l'ordre qu'elle avait reçu, n'avait pas visité son chantier avec une lampe de sûreté.

6. — Concession des

(Instituée par décret

611	1859 5 Mars.	Puits Saint-Eugène.	»	1	82	Tonnes. 1370	»	»	»

7. — Concession

(Instituée par décret

612	1847 26 Août.	Puits du Pré.	»	3	190	1295	Galerie abandonnée.	Lampes de sûreté dont la flamme était passée hors du treillis par suite de mouvements brusques qu'on leur avait imprimés.	Imprudence des victimes qui avaient agité leurs lampes de sûreté, dans une galerie grisouteuse.

4. — GROUPE DE LA BOURGOGNE ET DU NIVERNAIS.

2. — Département de Saône-et-Loire.

Grand-Moloy *(suite)*.

OBSERVATIONS.

11

néanmoins et l'on s'était décidé à le traverser en suivant le tracé de la couche, ce qui avait rendu la galerie très sinueuse dans le sens de l'inclinaison.

Circonstances de l'accident. — Le 28 Décembre, les deux ouvriers qui travaillaient au percement, rentrant dans leur chantier après un jour de chômage, avaient enflammé une petite quantité de grisou qui s'était accumulée au sommet de la galerie.

Le Directeur des travaux défendit alors aux ouvriers d'entrer dans ce chantier sans être accompagnés d'un chef mineur et munis de lampes de sûreté et de travailler à feu nu en présence du grisou.

Le 12 Janvier, à la rentrée du poste, après un chômage de 24 heures, le chef-mineur n'accompagna pas les ouvriers, mais leur recommanda d'examiner le chantier avec la lampe de sûreté qui était à leur disposition.

Malgré cette recommandation, l'un des ouvriers pénétra avec sa lampe à feu nu jusqu'au haut de la remontée, inclinée en ce point de 40°. Ayant élevé sa lampe au-dessus de sa tête, il occasionna une petite explosion qui le brûla légèrement. Son camarade, resté à quelques mètres en arrière, ne fut pas atteint.

Mesures prises a la suite de l'accident. — Un arrêté préfectoral a prescrit l'usage exclusif des lampes de sûreté dans tous les travaux de la Concession.

Petits-Châteaux.

du 17 Novembre 1833).

Pas de détails.

de Sully.

du 8 Mars 1841).

Circonstances de l'accident. — Trois ouvriers, se trouvant dans une galerie abandonnée, mirent le feu au grisou qui s'y était accumulé, en agitant trop vivement leurs lampes de sûreté, dont ils firent ainsi sortir la flamme. Les trois ouvriers furent brûlés.

A. — MINES DE HOUILL

1. — BASSIN DU CREUSOT ET DE BLAN

Recherche

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes de l'accumulation du gaz. 8	Causes directes de l'inflammation du gaz. 9	Causes indirectes. 10
613	1859 17 Avril.	Puits de Polroy.	»	1	»	»	»	1	»

2.— BASSIN D'EPINAC ET D'AUBIGNY-LA-RONCE

1. — Concession

(Instituée par décret

						Tonnes.			
614	1856 17 Juillet.	?	»	»	770	133605	»	»	»
615	1858 2 Décembre.	?	1 Brûlé.	»	815	237645	Chantier en montage aéré seulement par diffusion.	Flamme d'une lampe de sûreté chassée du treillis par suite d'une vive agitation de l'air.	Imprudence de la victime qui avait agité sa veste pour chasser le grisou et avait fait ainsi sortir la flamme de sa lampe hors du treillis.
616	1866 Septembre.	Puits de la Garenne. — 3e étage.	»	1 Brûlé.	514	112047	?	Lampe de sûreté ouverte.	Imprudence de la victime qui, se trouvant dans un chantier grisouteux, avait ouvert sa lampe de sûreté.

I. — GROUPE DE LA BOURGOGNE ET DU NIVERNAIS.

a. — Département de Saône-et-Loire.

de Polroy.

OBSERVATIONS

11

Pas de détails.

a. — Département de Saône-et-Loire.

d'Epinac.

du 13 Août 1805).

Pas de détails.

Indications générales. — La disposition des travaux était mauvaise. L'aérage était insuffisant.

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier travaillait dans un montage grisouteux de 5m de longueur, aéré simplement par diffusion. Après avoir accroché sa lampe en haut du chantier, voulant chasser le grisou, il agita sa veste. L'air déplacé vivement fit balancer la lampe et la flamme de celle-ci, sortant ainsi hors du treillis, provoqua une inflammation du gaz qui brûla le mineur mortellement. Deux de ses camarades, restés au pied du montage, ne s'étaient aperçus de rien.

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier travaillait dans un chantier où se trouvait du grisou; il commit l'imprudence d'ouvrir sa lampe de sûreté et provoqua une inflammation du grisou qui lui fit quelques brûlures.

A. — MINES DE HOUILLE

2. — BASSIN D'EPINAC ET D'AUBIGNY-LA-RONC

1. — Concessio

N° d'ordre.	DATE de l'accident.	LIEU de l'accident.	NOMBRE d'ouvriers		OUVRIERS au fond.	PRODUCTION annuelle de la mine.	CAUSES DE L'ACCIDENT		
							Causes directes		Causes indirectes.
			Tués.	Blessés.			de l'accumulation du gaz.	de l'inflammation du gaz.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
617	1871 17 Avril.	Puits de la Garenne.	18 Brûlés et Asphyxiés	»	617	110154	Arrêt pendant 36 heures d'un ventilateur destiné à l'aérage d'un montage. Galerie de niveau en cul-de-sac aérée seulement par diffusion.	? Lampe de sûreté ouverte.	? Maladresse ou imprudence de l'une des victimes qui aurait visité le montage avec une lampe ouverte. Tolérance coupable, de la part de la Direction, pour l'emploi des lampes détamisées dans l'intérieur des travaux.

I. — GROUPE DE LA BOURGOGNE ET DU NIVERNAIS.

1. — Département de la Saône-et-Loire.

Houillère de Blanzy (suite).

OBSERVATIONS.

11

Indications générales. — L'aérage se faisait naturellement entre les puits de la Garenne et de Micheseau. Une partie de l'air entrait par le troisième étage; l'autre suivait le travers-bancs du quatrième étage ou une porte le forçait à passer tout entier dans la galerie inférieure du district nord. Le district sud n'était aéré que par l'air qui passait par cette porte lorsqu'elle était ouverte pour les besoins du roulage.

Circonstances de l'accident. — Le puits de la Garenne servait à l'exploitation des troisième et quatrième étages. A ce dernier étage, un travers-bancs avait recoupé la couche à 120^{m} du puits et deux districts étaient en traçage de part et d'autre. Dans le district dit du Nord, les travaux de faible étendue consistaient en deux galeries de direction séparées par une distance verticale de 7^{m} et en montages reliant ces galeries. Le montage N° 1 était remblayé, le montage N° 3 était en percement et les montages N°s 2 et 3 étaient reliés par un sous-niveau.

Le lundi 17 avril, quelques minutes après l'entrée du poste de jour, une explosion de grisou se produisit dans le district Nord et causa la mort de dix ouvriers sur quatorze qui se trouvaient dans les travaux.

Le sauvetage était terminé trois heures après l'accident.

Les victimes furent retrouvées, l'une à la suite de l'autre, dans la galerie de direction inférieure, en avant du montage N° 3; neuf d'entre elles étaient fortement brûlées, toutes avaient été asphyxiées, aucune n'avait été tuée sur place, elles avaient dû tomber en cherchant à s'enfuir.

Les effets de l'explosion furent très localisés; les gaz asphyxiants atteignirent à peine le travers-bancs. Les dégâts matériels se réduisirent à la destruction de deux portes d'aérage.

Remarques particulières. — Un ventilateur à bras servait à l'aérage du montage N° 3; il envoyait l'air presque jusqu'au sommet du front de taille dans une conduite en bois de 0^{m}20 de côté.

Le courant suivait la galerie inférieure, le montage N° 3, le sous-niveau, le montage N° 2, la galerie supérieure et allait aérer d'autres travaux du puits de la Garenne.

Le prolongement du niveau inférieur, long de 34^{m}, n'était aéré que par diffusion.

Le grisou devait être en faible quantité. Mais les croûtes de coke, atteignant un centimètre d'épaisseur, trouvées sur les cadres de la galerie inférieure, dans le voisinage du montage N° 2 et dans la partie inférieure de ce montage, montraient que les poussières de houille avaient dû jouer un grand rôle dans l'accident. Les croûtes étaient disposées sur les faces des bois opposées à la direction probable du courant déterminé par l'explosion.

Sur les dix lampes Davy appartenant aux ouvriers, une seule fut retrouvée intacte; six d'entre elles étaient détamisées et les trois autres avaient été dévissées de manière à pouvoir être ouvertes sans clef.

La présence du grisou avait été constatée avant l'accident, en particulier dans le montage N° 3, où, l'avant-veille, il avait fallu manœuvrer le ventilateur pendant trois quarts d'heure avant de pouvoir commencer le travail.

Le point de départ et la cause de l'explosion n'ont pu être déterminés avec certitude.

On a pensé que l'un des ouvriers qui devait travailler au montage N° 3, après trente-six heures d'arrêt du ventilateur, avait cherché à reconnaître l'état de ce montage et l'avait fait avec imprudence ou maladresse (le pied du montage est le seul endroit où l'on ait remarqué une forte condensation de vapeur d'eau), ou bien qu'une lampe retrouvée ouverte dans le prolongement de la galerie inférieure avait déterminé l'inflammation accumulée en ce point.

A. — MINES DE HOUILL

2. — BASSIN D'ERIMAC ET D'AUBIGNY-LA-RON

1. — Concessi

N° d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	Causes indirectes. 10

b. — DÉPARTEMENT

1. — Concession

618	1880 17 Décembre.	Étage de 65m.	»	1 Brûlé très légèrement.	6	? Très peu importante.	Poussières en suspension dans l'atmosphère d'un montage et des galeries voisines.	Flamme d'un coup de mine.	Imprudence de la victime qui, malgré la défense, avait bourré son coup de mine avec de la poussière de charbon.

I. — GROUPE DE LA BOURGOGNE ET DU NIVERNAIS.

1. — Département de Saône-et-Loire.

d'Epinac (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

La visite du montage reconnu grisouteux n'avait pas été faite avant l'entrée des ouvriers, malgré la difficulté qu'on avait éprouvée l'avant-veille à chasser le grisou à la reprise du poste du jour

L'ouverture des lampes, au moment où les ouvriers devait s'attendre à la visite du marqueur, montre que l'usage des lampes détamisées était toléré par la Compagnie d'Epinac, malgré les réglements.

DE LA COTE-D'OR.

d'Aubigny-la-Ronce.

Indications générales. — L'aérage était assez défectueux.

On n'avait jamais rencontré la présence du grisou dans la mine et l'on n'y employait que des lampes à feu nu.

Les montages en cul-de-sac y constituaient une méthode de travail assez habituelle.

Circonstances de l'accident. — On avait chargé un ouvrier expérimenté d'abattre les $2^m,50$ de charbon qui restaient encore à percer dans un montage en cul-de-sac, pour mettre celui-ci en communication avec un niveau supérieur.

Cet ouvrier, après avoir allumé un coup de mine au toit du montage, se retira avec un de ses camarades et le maître-mineur à 25^m de là, dans un niveau inférieur. Le départ du coup de mine fut accompagné d'une traînée de flammes qui vint brûler très légèrement le premier mineur.

Remarques particulières. — La couche avait, au point où s'est produit l'accident, une inclinaison de 70° et une puissance de 0^m50 seulement; elle se trouvait de plus dérangée par l'effet d'un serrement.

On n'a pas retrouvé de grisou dans le chantier après l'accident, et l'on n'a pas cessé d'y travailler avec des lampes à feu nu, bien que le renouvellement de l'air ne s'y fît que par diffusion.

Le montage où a eu lieu l'explosion et les galeries voisines, étaient très poussiéreux. Le coup de mine avait été bourré avec de la poussière de charbon et, d'après le maître-mineur, les flammes qui ont accompagné l'explosion avaient une couleur rouge.

On a pensé, d'après cela, que l'explosion était due simplement à l'inflammation des poussières charbonneuses en suspension dans l'atmosphère du montage et des galeries voisines.

Mesures prises a la suite de l'accident. — Les exploitants ont été invités à prendre des mesures pour empêcher leurs ouvriers de se servir de poussières de charbon pour le bourrage des coups de mine.

A. — MINES DE HOUILL

3. — BASSIN DE BER

1. — Concessio

(Instituée par déc

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes			
619	1869 19 Juin.	Puits N°	»	Brûlés grièvement.	20	199520	Cloche déterminée par un éboulement au toit d'une galerie.	Lampe à feu nu.	Imprudence maître-mineur l'une des victimes qui avait introduit une lampe feu nu dans une cloche qui dégageait du grisou.
620	1879 20 Février.	Puits Sainte-Barbe.	»	1 Brûlé assez grièvement.	430	98450	Interruption de travail de 12 h. dans un montage en percement. Vieux travaux abandonnés situés à 3m seulement au-dessous de la partie inférieure du montage.	Lampe à feu nu.	»

1. — GROUPE DE LA BOURGOGNE ET DU NIVERNAIS.

2. — Département de l'Allier.

de Bézenet.

(le 12 Novembre 1828).

OBSERVATIONS.

11

Indications générales. — L'aérage, naturel, était généralement suffisant.

Circonstances de l'accident. — Un petit éboulement s'étant produit au toit de la maîtresse galerie de l'étage supérieur du puits N°5, on avait envoyé, pour le réparer, un maître-mineur avec deux ouvriers. Comme il se dégageait du grisou à cet étage, on n'y pénétrait qu'avec des lampes de sûreté. Les deux ouvriers en étaient munis ; seul, le maître-mineur avait gardé sa lampe à feu nu. Ce dernier ayant poussé l'imprudence jusqu'à introduire sa lampe dans la cloche, remplie de gaz, qui existait au toit de la galerie, une inflammation se produisit et le brûla grièvement ainsi que les deux ouvriers.

Remarques particulières. — Il était très imprudent d'employer des lampes à feu nu dans les tailles supérieures d'une mine dont l'étage inférieur dégageait du grisou.

Mesures prises à la suite de l'accident. — Un arrêté préfectoral a rendu obligatoire l'emploi exclusif des lampes de sûreté dans la mine.

Indications générales. — L'air descendait par le Puits N° 5, suivait la galerie de roulage dans laquelle le courant d'air était très-vif, revenait par la galerie à remblais, en aérant les chantiers, et sortait par le puits des Chauvais.

Circonstances de l'accident. — Deux ouvriers arrivaient à leur travail, après une absence de douze heures, dans un montage en percement, de 8^{m} de longueur et presque vertical, qui devait mettre en communication la galerie de roulage du huitième étage, située au toit de la couche, avec la galerie à remblais située au mur, à 9^{m} au-dessous de la première.

L'un des ouvriers accrocha sa lampe à feu nu à 1^{m}50 du front de taille ; au moment où il commençait à travailler, il fut enveloppé de flammes et brûlé assez grièvement. L'autre ouvrier, placé au bas du montage, entendit un bruit sourd suivi d'un sifflement et d'une très vive lueur ; mais il ne fut pas atteint.

Remarques particulières. — Le montage était aéré au moyen d'un tuyau en tôle de 0^{m}30 de diamètre partant de la galerie de roulage, passant au-dessus d'une porte d'aérage établie dans la galerie et débouchant à 3^{m} du front de taille.

Le grisou s'était montré pendant les travaux de traçage du huitième étage ; on avait alors employé des lampes de sûreté ; mais, depuis, il avait disparu et on employait de nouveau des lampes à feu nu.

Après l'accident, malgré la cessation du travail pendant deux jours et malgré une diminution intentionnelle de l'aérage, on n'a pas retrouvé trace de gaz.

On a supposé que le grisou avait pu se dégager des vieux travaux du puits N° 5, situés à 3^{m} au-dessous du huitième étage, remblayés, noyés en partie et abandonnés depuis plusieurs années.

Le jour de l'accident, une forte dépression barométrique avait précédé un ouragan qui dévasta le pays.

Mesures prises à la suite de l'accident. — L'usage des lampes de sûreté a été rendu obligatoire dans les chantiers de traçage et les galeries en cul-de-sac d'une partie de la mine.

A. — MINES DE HOUILLE

3. — BASSIN DE BER

2. — Concession

(Instituée par décre

Nos d'ordre.	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes. 10
						c. Tonnes.			
621	1854 17 Avril.	Puits Neuf.	1 Brûlé.	1 Brûlé. légèrement	129	22927	Arrêt de la ventilation pendant un chômage de 24 heures, dans un montage en percement.	Lampe à feu nu.	Imprudence de l'ingénieur de la mine qui, après une première explosion dans le montage, y laissait travailler avec des lampes à feu nu.
622	1875 8 Décembre.	Puits des Forettes.	»	2 Brûlés légèrement.	339	32611	?	Id.	»
623	1876 14 Février.	Id.	»	1 Brûlé grièvement.	290	32490	Remontée en percement abandonnée depuis 4 jours et partiellement remblayée dans sa partie inférieure.	Id.	Imprudence de la victime qui, malgré la défense, avait pénétré dans une remontée abandonnée.

— GROUPE DE LA BOURGOGNE ET DU NIVERNAIS.

— Département de l'Allier.

des Ferrières.

(11 Mars 1842).

OBSERVATIONS.

11

Indications générales. — Les travaux nouvellement ouverts, composés d'une galerie en cul-de-sac et d'un montage en percement de 18^{m} de longueur étaient aérés par deux ventilateurs. L'un, établi au jour, envoyait l'air à l'entrée du montage; l'autre, établi sur ce dernier point, envoyait l'air au front de taille du montage.

Circonstances de l'accident. — Le 27 mars 1854, une petite explosion de grisou avait eu lieu, après trente-six heures de chômage, dans le montage en percement. N'ayant pas de lampes de sûreté et ne voulant pas interrompre le travail, l'ingénieur de la mine fit installer deux ventilateurs pour aérer ces travaux.

Le 16 avril étant un jour de fête, les ventilateurs furent arrêtés, le premier fut remis en marche à six heures du soir; le second, le lendemain à deux heures du matin. A six heures, en voulant pénétrer dans le montage, on s'aperçut que l'un des tuyaux était percé; on boucha le trou et l'on attendit jusqu'à neuf heures. Un ouvrier entra alors dans le montage et s'avança jusqu'à 3^{m} en tenant sa lampe à feu nu près du sol; ayant alors élevé sa lampe, il occasionna une explosion qui le brûla légèrement et causa des brûlures mortelles à un second ouvrier resté à l'entrée du montage.

Indications générales. — L'aérage se faisait naturellement.

Circonstances de l'accident. — Une descenderie avait été percée à l'étage de 92^{m}; de chaque côté de la descenderie, des galeries de direction avaient été amorcées au niveau de 107^{m}. Ces travaux étaient restés noyés pendant cinq ans. La descenderie venait d'être épuisée lorsque deux ouvriers pénétrèrent avec une lampe à feu nu dans l'une des galeries de direction commencée au niveau de 107^{m}. A peine y avaient-ils fait quelques pas qu'une explosion de grisou se produisit et les brûla légèrement.

Remarques particulières. — La descenderie et les galeries de direction n'étaient aérées que par diffusion.

Le grisou n'avait pas été rencontré pendant le percement de ces galeries.

Mesures prises à la suite de l'accident. — La Direction de la mine a prescrit l'emploi des lampes de sûreté dans les travaux de la descenderie où l'explosion avait eu lieu et dans ceux d'une autre descenderie placée dans les mêmes conditions.

Circonstances de l'accident. — Une remontée, en percement dans la galerie de direction du niveau de 107 mètres, où avait eu lieu l'explosion précédente, était abandonnée depuis 4 jours. Elle avait 15 mètres de longueur et avait été remblayée sur 8 à 9 mètres à partir du niveau, jusqu'à 0^{m}70 du toit. Il était expressément défendu aux ouvriers d'y pénétrer. L'un d'eux, voulant satisfaire un besoin naturel, passa sur les remblais avec sa lampe à feu nu; arrivé à l'extrémité, il occasionna une explosion de grisou qui le brûla grièvement.

A. — MINES DE HOUIL

3. — BASSIN DE

2. — Concess

N° d'ordre 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10

5. — GROUPE DU TARN

1. — BASSIN D'AUBIN

1. — Concession de Lacaze,

(Instituée par décret du

						Tonnes.			
624	1866 27 Août.	?	»	1 Brûlé assez grièvement.	870	161897	Suspension de travail de 7 heures dans une cheminée en percement.	Lampe à feu nu.	?
625	1867 10 Mars.	?	»	1 Brûlé légèrement.	783	172537	Chantier mal aéré.	? Étincelles produites par le frottement d'un fleuret contre un rognon de grès ferrugineux.	»

4. — GROUPE DE LA BOURGOGNE ET DU NIVERNAIS.

4. — Département de l'Allier.

des Ferrières *(suite)*.

OBSERVATIONS.

11

Remarques particulières. — L'aérage se faisait naturellement, les travaux de la descenderie n'étaient aérés que par diffusion.

L'accumulation du grisou avait été favorisée par la faible activité de l'aérage, due à un changement de temps. Le 13 Février, une forte dépression barométrique avait été observée.

Depuis l'accident du 8 Décembre 1875, le grisou ne s'était pas montré dans les travaux de la descenderie, l'emploi des lampes à feu nu y avait été permis depuis le 5 Février.

Mesures prises à la suite de l'accident. — L'emploi des lampes de sûreté a été de nouveau prescrit au niveau de 107 mètres, jusqu'à ce que l'aérage de ce niveau eût été suffisamment assuré.

ET DE L'AVEYRON.

a. — Département de l'Aveyron.

La Salle, Sérons et Palayret.

21 Brumaire An XIII).

Indications générales. — Dans le quartier de Lacaze, les cheminées d'aérage étaient toujours percées de bas en haut.

Le grisou n'avait jamais été rencontré dans la mine. On y travaillait à feu nu.

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier commençait son travail dans une cheminée de 2^{m} de hauteur, dans laquelle on n'avait pas travaillé depuis sept heures, lorsqu'il fut assez grièvement brûlé par l'inflammation d'une petite quantité de grisou qui s'était accumulée au sommet du chantier.

Circonstances de l'accident. — Après le départ d'un coup de mine, tiré dans le charbon et parti sans le faire éclater, un ouvrier nettoyait le trou et, avant de le recharger, le préparait à nouveau au moyen d'un fleuret. Une explosion de grisou se produisit, qui le brûla légèrement.

Remarques particulières. — Par suite du manque d'air, la température du chantier était très élevée. Les ouvriers travaillaient nus et se remplaçaient toutes les 10 ou 15 minutes pour aller se reposer dans un endroit plus frais.

On a supposé que le frottement du fleuret contre un rognon de grès ferrugineux, que le trou de mine avait atteint en profondeur, avait produit quelques étincelles qui auraient enflammé le grisou.

A. — MINES DE HOUIL

1. — BASSIN D'AU

1. — Concession de Lace

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes.			
626	1869 2 Novembre.	Mine du Moulin.	»	2 Brûlés légèrement.	757	245760	Chantier en cul-de-sac abandonné depuis 48 heures et insuffisamment purgé lors de la reprise du travail.	Lampes à feu nu.	Négligence la direction q aurait dû, ava la reprise du tr vail, faire visit le chantier par u maître-mineur muni d'une lamp de sûreté.
627	1870 15 Août.	Mine de Bourran	3 Brûlés.	8 Brûlés grièvement.	730	210000	Explosion dans les travaux neufs, à la suite d'une irruption des eaux dans de vieux travaux, du gaz qui y était accumulé. Perturbation atmosphérique.	Lampes à feu nu.	Cause fortuite.

— GROUPE DU TARN ET DE L'AVEYRON.

...Département de l'Aveyron.

...ille, Sérons et Palayret (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

Circonstances de l'accident. — La présence constatée de quelques légers dégagements de griso dans le percement d'une galerie en remonte, au rocher, avait conduit à installer au pied un ventilateur à bras et à établir des tuyaux qui amenaient l'air jusqu'à 8 mètres du front de taille A la suite d'une suspension de travail de deux jours, trois ouvriers rentraient dans ce chantier. Après une marche de vingt minutes du ventilateur, deux d'entre eux, croyant le chantier suffisamment purgé, y pénétrèrent avec leurs lampes à feu nu, pendant que le troisième ouvrier continuait à tourner le ventilateur. Les deux premiers, en arrivant au front de taille, provoquèrent une inflammation de gaz qui mit le feu à leurs vêtements et les brûla légèrement ; leur camarade, voyant la flamme arriver au plafond de la galerie, se jeta à terre et ne fut pas atteint par la petite explosion, que fit le gaz, vers la partie inférieure. Il aida les deux victimes à éteindre leurs vêtements et tous trois remontèrent au jour.

Remarques particulières. — La remontée où a eu lieu l'accident n'avait rencontré que quelques lambeaux de charbon dans les schistes qui séparent les couches du Moulin de celles de la Vaysse. A la suite de l'installation du ventilateur, le grisou y avait entièrement disparu et paraissait même avoir cessé de se dégager. On avait pu, les jours précédents, y travailler avec des lampes à feu nu.

Dans une visite précédente faite dans la remontée, on n'y avait pas trouvé trace de gaz bien que le travail y fut suspendu et qu'elle n'eut pas été préalablement ventilée.

Le fait d'un dégagement aussi considérable de grisou ne s'était jamais produit dans ce chantier.

Mesures prises à la suite de l'accident. — L'attention de la Compagnie a été attirée sur la nécessité de faire visiter les chantiers chaque matin, avant l'entrée des ouvriers, par un maître-mineur, muni d'une lampe de sûreté.

Indications générales. — Le grisou ne s'étant jamais montré dans les travaux de cette mine, on y travaillait avec des lampes à feu nu.

Circonstances de l'accident. — A la suite d'un violent orage, survenu le 15 Août, vers 5 heures du soir, les eaux avaient envahi la mine et un ouvrier avait disparu. Deux de ses camarades s'étant mis à sa recherche, déterminèrent une explosion de grisou qui les tua tous deux.

Quatorze ouvriers qui travaillaient à la réparation de barrages ressentirent les effets de cette explosion qui avait brisé une grande partie des portes d'aérage et éteint presque toutes les lampes ; ils restèrent néanmoins à leur poste.

Une demi-heure après eut lieu une nouvelle explosion, qui éteignit de nouveau les lampes. Craignant que des malheurs ne fussent arrivés, les ouvriers se partagèrent en deux groupes, l'un de dix hommes. l'autre de quatre, et se mirent à explorer la mine.

A peine le premier groupe venait-il de pénétrer dans la galerie de roulage des remblais (cote 220) que le grisou s'enflamma sur la lampe à feu nu du chef de poste et brûla grièvement huit des mineurs. Le deuxième groupe ne fut pas atteint.

Remarques particulières. — L'irruption soudaine des eaux, à la suite de l'orage, dans les anciens travaux de la mine incomplètement remblayés, a dû provoquer l'expulsion des gaz qui s'y trouvaient accumulés et les aura refoulés dans les travaux neufs.

A. — MINES DE HOUILL

1. — BASSIN D'AU

2. — Concession de Leon

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes.			
628	1874 21 Août.	Mine du Moulin. — Veine Chapon.	»	2 Brûlés.	1210	266272	Montage dont le front de taille était à 74 mètres du courant d'air.	Lampe de sûreté détamisée.	Imprudence l'une des victim qui avait detm sé sa lampe.
629	1875 26 Juin.	Mine du Bourran. — Étage de 220m.	»	2 Brûlés assez grièvement.	871	93411	Filtration, à travers les fissures d'un barrage, des hydrocarbures résultant de la distillation de la houille dans un massif incendié Accumulation de ces gaz dans une poche qui existait au toit de la galerie, immédiatement en avant du barrage.	Id.	. Imprudence d garde-barrag qui avait dévis sa lampe dan une atmosphè qu'il devait pré voir inflammabl

5. — GROUPE DU TARN ET DE L'AVEYRON.

1. — Département de l'Aveyron.

La Salle, Sérons et Palayret (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

Circonstances de l'accident. — On exécutait des travaux de recherches dans la veine Chapon. Deux ouvriers perçaient un montage destiné à améliorer les conditions de l'aérage. Ils venaient de se mettre au travail, en revenant de prendre leur repas, lorsque l'un d'eux détamisa sa lampe de sûreté et détermina une explosion de grisou. Les deux ouvriers furent brûlés assez grièvement.

Remarques particulières. — Les travaux de recherches de la veine Chapon n'étaient aérés que par diffusion. Le front de taille du montage était à 74^{m} du courant d'air.

L'attention des exploitants a été appelée sur le danger qu'il y avait à entreprendre sans nécessité des travaux en remonte.

La Compagnie a été invitée à ne laisser entre les mains des ouvriers que des lampes dont la clef serait confiée à un surveillant spécial.

Indications générales. — L'aérage était naturel et suffisant. Il était renforcé, quand il y avait lieu, par deux ventilateurs Guibal et Lavieille.

Le grisou était inconnu dans la mine de Bourran.

La couche, d'une épaisseur moyenne de 30^{m}, était exploitée par étages de 10 à 15^{m} et par tranches horizontales remblayées au fur et à mesure.

Le défaut d'application de cette méthode avait provoqué antérieurement des incendies que l'on avait circonscrits au moyen de barrages ; ceux-ci étaient soigneusement surveillés par un personnel spécial.

Circonstances de l'accident. — Un agent venait vérifier l'état d'un barrage. Effrayé de l'abondance des fumées bleuâtres qui se dégageaient au sommet, il courut chercher un camarade plus expérimenté qui monta sur une banquette pour rechercher les fissures avec sa lampe. Gêné par la fumée qui l'empêchait d'y voir, il enleva le tamis de sa lampe de sûreté et approcha celle-ci du point supérieur. Une forte explosion se produisit. Les deux malheureux furent assez grièvement brûlés.

Les portes d'aérage et plusieurs cadres des galeries voisines furent renversés.

Mesures prises à la suite de l'accident. — Les exploitants ont été invités à ne laisser entre les mains de leurs ouvriers que des lampes qu'ils n'aient pas la facilité d'ouvrir.

A. — MINES DE HOUILL

1. — BASSIN D'AU

2. — Concessi

(Instituée par décret

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes.			
630	1874 13 Avril.	Mine du Fraysse. — Petite Couche.	»	1 Brûlé assez grièvement.	535	122825	Chômage d'un jour dans un montage amorcé dans une galerie montante en cul-de-sac.	Lampe à feu nu.	»
631	1878 4 Février.	Mine du Fraysse. — Grande Couche.	1 Brûlé.	»	640	126890	Chômage d'un jour dans un chantier en remblai.	Lampe à feu nu.	Imprudence de la victime qui s'est introduite avec une lampe à feu nu dans un chantier autre que celui qui lui avait été assigné.

3. — Concession

(Instituée par décret du

632	1866 26 Janvier.	?	»	3 Brûlés légèrement.	300	54198	Galerie à travers-bancs en cul-de-sac, abandonnée depuis près d'un mois.	Lampe à feu nu.	Imprudence du chef de poste qui avait pénétré, avec une lampe à feu nu, dans une galerie abandonnée.

5. — GROUPE DU TARN ET DE L'AVEYRON.

1. — Département de l'Aveyron.

du Cransac.

1er Février 1831).

OBSERVATIONS.

11

Indications générales. — Deux courants d'air naturels aéraient la mine d'une façon très satisfaisante.

Circonstances de l'accident. — Dans la partie nord des travaux de la petite couche, on avait commencé, à l'extrémité d'une galerie montante en percement, un montage destiné à rejoindre une galerie supérieure. Un ouvrier qui rentrait au chantier après un jour de chômage, ayant accroché sa lampe à feu nu au chapeau d'un cadre de ce montage, détermina une légère explosion de grisou qui le brûla assez grièvement.

Remarques particulières. — Le grisou, qui ne s'était encore montré dans la mine qu'accidentellement et à l'état de traces insignifiantes, n'avait jamais été aperçu dans le quartier où l'accident s'est produit.

L'un des courants d'air passait à 10m du montage que l'on commençait.

La visite du chantier eût dû être faite avec une lampe de sûreté avant la reprise du travail. Le montage aurait pu, d'ailleurs, être percé de haut en bas dans des conditions bien meilleures.

Circonstances de l'accident. — Une partie de la grande couche de la mine du Fraysse avait été enlevée et remblayée ; il ne restait à remblayer qu'une excavation ayant 1m50 à 2m en tous sens. Après un jour de chômage, un ouvrier, qui devait travailler à un autre chantier, pénétra dans l'excavation avec sa lampe à feu nu, pour y prendre un outil. Il occasionna l'explosion d'une petite quantité de grisou qui s'y était accumulée et fut mortellement brûlé.

Remarques particulières. — Le grisou ne s'était jamais montré pendant le dépilage et le remblayage dans le chantier où a eu lieu l'accident, et cependant l'entrepreneur visitait les chantiers avant d'y installer les ouvriers.

de Lavernhe.

28 Février 1831).

Circonstances de l'accident. — Un chef de poste et deux aides levaient le plan du travers-bancs N° 2, en percement à l'étage de 45m et abandonné depuis le commencement du mois ; ils se ervaient de lampes à feu nu. En cherchant un point de repère à la partie supérieure de la galerie, le chef de poste détermina une inflammation de grisou qui le brûla légèrement ainsi que ses aides.

A. — MINES DE HOUILI

1. — BASSIN D'AU

3. — Concessi

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes de l'inflammation du gaz 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes			
633	1872 26 Septembre.	Puits d'Offet. — Niveau de 195m.	1 Brûlé.	2 Brûlés.	300	72941	Puits en percement de bas en haut, dans un niveau aéré seulement par diffusion.	Flamme d'une lampe de sûreté chassée hors du treillis par suite de la chute de cette lampe.	Imprudence manque de sang froid de la pa de l'une des vi times qui, voyan sa lampe de sûre té rougir, l'avai laissée tomber.
634	Id. 16 Novembre.	Id. — Id.	1 Brûlé.	1 Contusionné.	Id.	Id	Front de taille d'un niveau aéré seulement par diffusion	? Allumettes chimiques.	? Imprudence de la principale victime qui aura voulu allumer une cigarette.

— GROUPE DU TARN ET DE L'AVEYRON.

Département de l'Aveyron.

Lavernhe (*suite*).

OBSERVATIONS

11

Indications générales. — L'aérage se faisait naturellement ; l'air entrait par le puits d'Offet, dans le cinquième niveau, parcourait en remontant les travaux des cinq étages supérieurs et sortait par différents orifices.

L'aérage de ces travaux était satisfaisant, grâce à des feux qui existaient dans les étages supérieurs et qui jouaient le rôle de foyers d'aérage.

Mais les deux niveaux inférieurs, situés au-dessous du fond du puits d'Offet, n'étaient aérés que par diffusion, au moyen de quelques cheminées qui les reliaient au niveau de l'entrée de l'air.

Circonstances de l'accident. — Le puits d'Offet exploitait une couche de houille grasse de 12^{m} d'épaisseur au moyen de sept niveaux ; les deux niveaux inférieurs de 206 et 195^{m} étaient en traçage.

L'aérage se faisant difficilement à l'avancement Nord du niveau de 195^{m}, et le grisou se montrant en grande quantité, on perçait, au voisinage de cet avancement, un petit puits qui devait relier cette galerie au niveau supérieur. Le puits avait d'abord été percé de haut en bas ; quand il fut sur le point d'aboutir on l'attaqua par la partie inférieure, en éloignant les lampes de la cloche ainsi produite.

l'un des deux ouvriers employés au travail eut l'idée malheureuse de remonter au niveau supérieur pour briser de haut en bas la couche de houille restant à enlever. Au moment où la communication s'établissait entre les deux niveaux, sa lampe Mueseler se remplit de flammes ; il la lâcha ; en tombant, par l'ouverture, dans le niveau inférieur, elle occasionna une explosion qui causa à trois ouvriers des brûlures dont l'un mourut.

Remarques particulières. — Le cylindre de verre de la lampe avait été cassé.

Circonstances de l'accident. — Un explosion se produisit à l'avancement Sud du niveau de 195^{m} dans des circonstances restées inconnues.

L'ouvrier qui travaillait à cet avancement fut fortement brûlé et mourut le lendemain ; un autre ouvrier, placé dans le même niveau, à 70^{m} du front de taille, fut renversé avec le cheval qu'il conduisait et reçut quelques contusions.

L'explosion fut assez forte, plusieurs cadres furent renversés ; le niveau fut rempli de poussières de charbon sur une grande longueur.

Remarques particulières. — Le niveau de 195^{m}, inférieur de 20^{m} au travers-bancs par lequel l'air, arrivant du puits de l'Offet, pénétrait dans les travaux, n'était aéré que par diffusion. Le front de taille de ce niveau était à 50^{m} du courant d'air.

Il est très probable que l'ouvrier qui travaillait au front de taille a déterminé l'explosion en allumant une cigarette.

Mesures prises à la suite de l'accident. — La Compagnie a été mise en demeure d'aérer suffisamment les deux niveaux inférieurs.

A. — MINES DE HOUIL

1. — BASSIN D'A

3. — Concess

N° d'ordre 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes.			
636	1873 1er Août.	Puits d'Offet.	»	4 Brûlés légèrement.	493	79807	Cloche formée par un plancher étanche établi dans un puits approfondi sous stot, dans des schistes fissurés.	Lampe à feu nu.	Imprudence des victimes qui avaient laissé des déblais obtrus vide laissé sous du plancher
636	1874 11 Juin	Id — Étage de 60m.	1 Brûlé.	1 Brûlé légèrement.	413	90150	Montage en percement à l'extrémité d'une galerie en cul-de-sac, aérée simplement par diffusion.	Lampe à feu nu.	»
637	Id. 2 Novembre.	Id. — Id.	3 Brûlés.	»		Id.	Menues poussières de charbon dans une galerie creusée au milieu d'une houille sèche et friable.	Flamme d'un coup de mine, placé au sol d'une galerie, et qui avait débourré.	»

— GROUPE DU TARN ET DE L'AVEYRON.

— Département de l'Aveyron.

Lavernhe (suite).

OBSERVATIONS.

11

Circonstances de l'accident. — Pour approfondir sous stot le puits d'Offet, à partir du niveau de 214m, on avait percé une galerie de 7m de longueur, un puits latéral de 24m de hauteur et une seconde galerie parallèle à la première. Au-dessous de cette galerie, l'approfondissement atteignait 32m dans les schistes lorsque le grisou se dégageant en petite quantité par les fissures de la roche fit pressentir le voisinage de la houille.

On suspendit alors le travail ; on établit un plancher à 15m au-dessus du fond, afin d'ouvrir une galerie à travers-bancs pour recouper la couche.

Les ouvriers avaient reçu l'ordre de ne pas laisser se fermer le vide annulaire laissé autour du plancher, mais cette précaution fut négligée et les déblais le bouchèrent en partie. Le grisou put alors s'accumuler sous le plancher.

Un ouvrier qui préparait un coup de mine écarta les déblais qui le gênaient et donna issue au gaz ; sa lampe à feu nu détermina une explosion très faible qui brûla légèrement les quatre ouvriers occupés sur le plancher.

Remarques particulières. — L'aérage des travaux sous stot ne se faisait que par diffusion, mais il était suffisamment actif, en raison de la grande quantité d'air frais qui descendait par le puits d'Offet au niveau de 214m

Circonstances de l'accident. — A l'étage intermédiaire de 60m, dans le but d'améliorer l'aérage qui ne se faisait que par diffusion, on perçait à l'extrémité d'une galerie en cul-de-sac de 40m de longueur un montage qui devait réunir cet étage à celui de 45m. On n'avait pas rencontré de grisou à l'étage de 60m et on se servait de lampes à feu nu.

Le montage avait 2m de longueur ; les deux ouvriers qui y travaillaient rentraient au chantier après leur repas, lorsque l'un d'eux, en pénétrant dans le montage avec sa lampe à feu nu, occasionna une explosion qui le brûla légèrement et causa des brûlures mortelles au deuxième ouvrier.

Remarques particulières. — L'aérage général était très bon, mais la galerie en cul-de-sac et le montage étaient en dehors du courant d'air.

Mesures prises à la suite de l'accident. — Les exploitants ont été invités à employer des moyens d'aérage suffisants pour éviter de semblables accidents et à prescrire l'usage de la lampe de sûreté dans toutes les parties de la mine qui ne recevaient pas un courant d'air direct et suffisant.

Circonstances de l'accident. — A l'étage intermédiaire de 60m, trois ouvriers travaillaient à l'avancement d'une galerie faisant suite à un travers-bancs et ayant déjà 25m dans le charbon. Un coup de mine chargé à la sole de la galerie ayant râté, ils l'avaient débourré et chargé à nouveau, puis s'étaient retirés à 30m en arrière. Le coup partit sans faire éclater le charbon ; l'explosion fut suivie d'un tourbillon de flammes rouges qui envahirent la galerie jusqu'aux points où s'étaient réfugiés les ouvriers. Tous trois furent brûlés mortellement.

A. — MINES DE HOUI

1. — BASSIN D'

2. — Concess

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes 10
						.Tonnes			
638	1875 22 Novembre	Puits d'Offet. — Niveau de 140m	»	2 Brûlés légèrement.	325	89332	Cloche située à l'extrémité d'une galerie en cul-de-sac, aérée seulement par diffusion.	Flamme chassée par un mouvement brusque hors du treillis d'une lampe Mueseler, dépourvue de cône intérieur, qui s'était remplie de flammes.	Imprudence l'une des vi mes qui, sans ceessité, avait troduit sa lam de sûreté d une cloche toit.
639	1876 1er Décembre.	d.	1 Brûlé.	»	402	97470	Suspension du travail pendant l'intervalle de deux postes dans une galerie où se trouvait, au-des-	Lampe à feu nu.	Imprudence la victime, s'introduisit, sa lampe à feu dans une c avant que ce eût été visité

— GROUPE DU TARN ET DE L'AVEYRON.

— Département de l'Aveyron.

Tavernhe (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

Le coup de vent produit par l'explosion fut ressenti jusqu'à 150m plus loin.

Remarques particulières. — Trois fils à plomb qui se trouvaient pendus dans la galerie ne furent brûlés qu'à leur partie inférieure. Les montants des cadres étaient recouverts d'un enduit charbonneux mêlé de plaques bitumineuses et parsemé de parcelles de houille brillantes et frittées. Les parois de la galerie étaient couvertes d'un dépôt pulvérulent de houille carbonisée. Les chapeaux des cadres ne furent pas atteints.

Remarques particulières. — L'aérage général était suffisant ; le courant d'air passait à une vingtaine de mètres de l'avancement. On a constaté qu'un filet d'air suivait le sol de la galerie jusqu'au front de taille et revenait à la partie supérieure.

Le grisou ne s'était jamais montré dans ce quartier de le mine, la visite du chantier avait été faite par le maître-mineur pendant le percement du trou de mine, elle avait été renouvelée par un des ouvriers avant l'allumage. Après l'accident, on n'a retrouvé aucune trace de gaz. Le grisou semble donc n'avoir joué aucun rôle dans l'accident.

La galerie avait été percée dans du charbon sec et friable, et la sôle était recouverte de menues poussières.

L'accident a été attribué à ces poussières qui, soulevées par le coup de mine, auraient pris feu à la longue flamme qu'il produisit en débourrant.

Circonstances de l'accident. — Le niveau de 140m du puits d'Offet était en traçage ; quatre ouvriers devaient poser un cadre à l'extrémité d'une galerie en cul-de-sac de 36m de longueur, aérée seulement par diffusion. L'un d'eux, voulant voir si une cloche au toit contenait du grisou, éleva sa lampe Mueseler, sans cône intérieur, dans cette cloche ; une explosion se produisit ; deux des ouvriers furent brûlés légèrement.

Remarques particulières. — Il est probable qu'un mouvement brusque imprimé à sa lampe, au moment où elle s'est remplie de flammes, a été cause de l'explosion.

Le chef de chantier, en faisant la visite de la galerie une demi-heure avant l'accident, n'avait pas trouvé de grisou dans la cloche.

Circonstances de l'accident. — Une galerie de direction avait été percée au mur de la couche, inclinée de 36°, sur une certaine longueur, on avait abattu le charbon compris entre cette galerie et le mur et l'on remblayait le vide ainsi produit.

Le travail avait été donné à un entrepreneur qui visitait le chantier avant d'y placer les ouvriers.

Il restait à remblayer au-dessous du toit de la galerie une sorte de cloche ayant environ 1m de longueur, 2m de profondeur et 0m50 à 0m80 de hauteur

A. — MINES DE HOUIL

1. — BASSIN DA

3. — Concess

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes de l'accumulation du gaz. 8	Causes directes de l'inflammation du gaz. 9	Causes indirectes 10
							sous du toit, un vide laissé par les remblais.		

4. — Concession

(Instituée par décret du

						Tonnes.			
640	1885 31 Janvier	Mine Sainte-Geneviève.	»	3 Brûlés légèrement.	180	24760	Remontée en percement abandonnée depuis trois jours.	Lampe à feu nu.	Imprudence l'une des vic mes qui, malg la défense, av placé sa lamp feu nu dans le d'un montage dont il exploi le grisou à l'ab d'un ventilateu
641	1886 27 Août.	Id. — Étage de 86m	»	1 Brûlé légèrement	200	29102	Montage en percement.	Id	Imprudence la victime qui malgré la défe se, s'était serv d'une lampe à fe nu.

5. — GROUPE DU TARN ET DE L'AVEYRON.

— Département de l'Aveyron.

de Lavernhe (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

Au commencement du poste de nuit, un ouvrier s'était introduit dans la cloche avec sa lampe à feu nu, sans en avoir reçu l'ordre de l'entrepreneur, et avant que celui-ci n'eût fait la visite du chantier. Il fut brûlé mortellement par l'explosion d'une petite quantité de grisou qui s'était accumulée dans l'excavation pendant la journée. Un autre ouvrier, resté dans le niveau, ne fut pas atteint.

Remarques particulières. — L'aérage était satisfaisant. Le courant d'air passait dans la galerie de niveau.

de Rulhe.

25 Juin 1860).

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier, avant de commencer son travail dans un montage en percement de 15^{m} de longueur, abandonné depuis trois jours, manœuvrait un ventilateur placé au bas de ce montage, afin de chasser le grisou qui s'y était accumulé.

Il avait placé sa lampe à feu nu dans le montage, malgré la défense du chef de poste qui, en l'envoyant au travail après avoir fait la visite du chantier, lui avait recommandé de la laisser en arrière.

Le grisou ayant pris feu le brûla légèrement, ainsi que deux de ses camarades qui se trouvaient dans le voisinage.

Circonstances de l'accident. — Un montage partant du niveau de 86^{m} avait atteint 31^{m} de longueur. Le grisou s'y était montré et deux ouvriers construisaient des caisses d'aérage par lesquelles un ventilateur devait envoyer de l'air jusqu'au front de taille ; ils devaient se servir de lampes de sûreté.

L'un d'eux, ayant allumé une lampe à feu nu, occasionna une petite explosion qui le brûla légèrement. L'autre ouvrier, qui se trouvait plus bas dans le montage, ne fut pas atteint.

A. — MINES DE HOUILLE

1. — BASSIN D'AURI

4. — Concession

N° d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes.			
642	1866 14 Octobre.	Mine Ste-Geneviève. — Étage de 130m.	»	1 Brûlé légèrement.	200	29101	Suspension de travail de 12 heures dans une cheminée en percement.	Lampe à feu nu.	Imprudence de la victime qui s'était introduite dans une cheminée en percement avec une lampe à feu nu, sans prendre aucune précaution.
643	1867 17 Septembre.	Id. — Quartier Sud. — Étage de 86m.	»	1 Brûlé légèrement.	240	34320	Interruption de travail et d'aérage, pendant 2 heures, dans un montage en cul-de-sac.	Id.	Imprudence de la victime qui n'avait pas visité complètement le montage avant de s'y engager avec une lampe à feu nu.
644	1868 20 Mars.	Id. — Id. — Id.	»	2 Brûlés, 1 grièvement 1 légèrement.	170	28147	Montage en cul-de-sac, de quelques mètres, aéré par diffusion.	Id.	Imprudence des victimes qui avaient travaillé malgré la défense, dans un chantier dangereux avec des lampes à feu nu.

5 — GROUPE DU TARN ET DE L'AVEYRON.

a — Département de l'Aveyron.

de Rubie *(suite)*.

OBSERVATIONS.

11

Circonstances de l'accident. — Au niveau de 130^{m}, on perçait de bas en haut une cheminée inclinée devant servir au montage des charbons. Dans le descendant N° 1, la cheminée avait atteint 2^{m} de longueur ; on travaillait avec des lampes à feu nu.

Après une interruption de travail de douze heures, l'ouvrier chargé de l'avancement étant monté sur un échafaudage avec sa lampe à feu nu, sans prendre aucune précaution, occasionna une explosion de grisou et fut brûlé légèrement.

Remarques particulières. — Depuis six mois que l'aérage se faisait convenablement dans cette partie de la mine, le grisou ne s'y était pas montré.

Au moment de l'accident, le chef de poste arrivait au chantier pour en faire la visite avec une lampe de sûreté.

Circonstances de l'accident. — Dans le quartier sud des travaux du puits Ste-Geneviève, au niveau de 86^{m}, un montage devant rejoindre le niveau de 70^{m} avait atteint 46^{m} de longueur. Un ventilateur établi au pied du montage envoyait de l'air, par des caisses, à 3^{m} du front de taille, il était arrêté pendant les repas.

Les ouvriers pouvaient travailler à feu nu après avoir visité le montage avec une lampe de sûreté.

Un ouvrier revenait au travail après avoir pris son repas ; après avoir fait manœuvrer le ventilateur pendant un quart d'heure, il visita le montage, mais sans aller jusqu'à l'extrémité ; revenant ensuite avec sa lampe à feu nu, il détermina près du front de taille une petite explosion de grisou qui le brûla légèrement.

Circonstances de l'accident. — Un chef de chantier ayant reconnu la présence du grisou dans un montage de quelques mètres dans la partie sud des travaux du niveau de 86^{m}, interdit à ses ouvriers tout travail dans le montage. Remarquant l'absence de l'un d'eux, et craignant qu'il ne se rendit directement au chantier avec sa lampe à feu nu, il envoya un autre ouvrier pour le prévenir. Quand celui-ci arriva au chantier, le premier s'y trouvait déjà ; en attendant le chef de chantier, ils se mirent à travailler au bas du montage ; l'un d'eux accrocha même sa lampe au chapeau du premier cadre. Une inflammation de grisou ne tarda pas à se produire et brûla les deux mineurs, l'un légèrement et l'autre grièvement.

A. — MINES DE HOUIL

1. — BASSIN D'A

4. — Concess

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	Lieu de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes.			
645	1870 2 Février.	Puits Sainte-Geneviève. — Niveau de 117m.	»	3 Brûlés dont 2 grièvement et 1 légèrement.	95	14925	Montage en cul-de-sac abandonné depuis quelques jours.	Lampe à feu nu.	Imprudence l'ingénieur de mine qui au autorise en présence une m œuvre dang reuse.
646	Id. 28 Novembre.	Id. — Id.	1 Brûlé.	1 Brûlé grièvement.	Id.	Id.	Suspension du travail pendant 24 heures dans une galerie montante en cul-de-sac.	Id.	»
647	1877 4 Septembre.	Id. — Étage de 180m.	1 Brûlé.	1 Brûlé	103	14530	Accident dû aux poussières charbonneuses.	Flamme d'un coup de mine bourré avec de la poussière de charbon et qui avait fait canon.	»

5. — GROUPE DU TARN ET DE L'AVEYRON.

1. — Département de l'Aveyron.

Houille (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

Indications générales. — L'aérage général était satisfaisant.

Le grisou ne se dégageait dans la mine qu'en très faible quantité. Il n'y avait pas de règlement prescrivant les précautions à prendre contre ce gaz et on ne se servait que de lampes à feu nu.

Circonstances de l'accident. — L'Ingénieur de la mine et trois ouvriers, munis de lampes à feu nu, voulaient examiner au point de vue de la présence du grisou l'état d'un montage en cul-de-sac, abandonné depuis quelques jours. Ils s'étaient arrêtés au pied et l'un d'eux s'était mis au ventilateur pour chasser le grisou accumulé au front de taille. Le gaz refoulé par le courant vint s'allumer sur une des lampes à feu nu et brûla plus ou moins les trois personnes.

Mesures prises à la suite de l'accident. — L'Ingénieur de la mine a été l'objet de poursuites judiciaires.

Les exploitants ont été invités à produire un projet de règlement contre le grisou.

Circonstances de l'accident. — Une traverse pratiquée entre les niveaux de 117 et 130^{m}, à partir du dernier montage reliant ces deux niveaux, avait atteint 35^{m} de longueur ; les 10 derniers mètres avaient été percés en montant.

Après une interruption de travail d'un jour, deux ouvriers munis de lampes à feu nu se rendaient à l'avancement de cette galerie, lorsqu'arrivés en un point de la partie montante où une cloche s'était formée au toit, une explosion de grisou se produisit et les brûla tous les deux grièvement ; l'un d'eux mourut des suites de ses blessures.

Remarques particulières. — Le grisou ne s'était jamais montré dans ce chantier. Malgré l'accident arrivé le 2 février 1870 dans un chantier distant de 50^{m} de celui où eut lieu l'accident, on ne visitait pas les chantiers avec une lampe de sûreté avant la reprise du travail.

Indications générales. — On n'avait jamais constaté la présence du grisou dans cette partie de la mine ; néanmoins les ouvriers étaient munis de lampes Mueseler.

Circonstances de l'accident. — Deux ouvriers étaient occupés dans un chantier en renfoncement, de 2^{m} de profondeur, établi sur le bord d'une traverse ouverte à la houille, dans une couche de 1^{m}30 de puissance.

L'un de ces ouvriers, après avoir préparé un coup de mine presque en couronne au fond du chantier, y mit le feu en élevant le tamis de sa lampe de sûreté. Puis il se rendit dans le couloir transversal auprès de son camarade, à 10^{m} environ de distance du coup de mine. Une forte détonation retentit et les deux ouvriers se virent enveloppés d'une flamme rougeâtre qui les brûla tous les deux, l'un grièvement, l'autre légèrement. Ils se précipitèrent sans lumière au fond du couloir en appelant au secours ; on les remonta au jour, ils purent gagner de pied l'infirmerie, mais l'un d'eux mourut huit jours après.

A. — MINES DE HOUILLE

1. — BASSIN D'AUBI

4. — Concessio

N° d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	de l'inflammation du gaz. 9	Causes indirectes. 10

5. — Concession

(Instituée par décret

648	1858 28 Juillet.	Mine de Vialarels.	4 Asphyxiés.	»	?	?	?	?	»

5. — GROUPE DU TARN ET DE L'AVEYRON.

1. — Département de l'Aveyron

de Bulhe *(suite).*

OBSERVATIONS.

11

Remarques particulières. — Il passait un courant vif et régulier d'air frais dans la traverse sur le bord de laquelle était ouvert le renfoncement où s'est produit l'accident.

Après l'accident on a retrouvé carbonisée, en face de l'ouverture du chantier, la blouse de l'une des victimes ; la boîte à poudre, placée au-dessous, sur le sol et derrière une poterne, était restée intacte.

La flamme n'a pas dû se propager au-delà d'une dizaine de mètres à droite et à gauche du chantier.

On a constaté que le coup de mine, chargé de 127 grammes de poudre et bourré, comme d'habitude, avec la plus fine poussière du chantier, avait fait canon.

Trois heures avant l'accident, l'ingénieur, le maître-mineur et le chef de poste s'étaient assurés que le chantier ne contenait pas de gaz. On n'en a pas non plus constaté depuis. Les boisages ne présentaient pas de traces de pellicules de coke.

Le chantier était très sec et très poussiéreux, la houille y était très-riche en matières volatiles.

Le courant d'air, par le fait des manipulations auxquelles la houille était soumise dans le voisinage de ce point, y était chargé de poussières fines et tenues.

L'accident a été attribué soit à la présence de particules fines de charbon tenues en suspension dans l'atmosphère du chantier, soit à l'emploi de poussières de houille pour le bourrage des coups de mine. Cette dernière hypothèse semblerait justifiée par ce fait que la flamme ne s'est propagée qu'à une faible distance et qu'on n'a pas retrouvé de particules de coke adhérentes aux boisages.

Cet accident n'est pas un accident de grisou proprement dit.

Mesures prises à la suite de l'accident. — L'attention des exploitants a été appelée sur le danger que présentent les poussières de houille employées au bourrage des coups de mine. Ils ont été, de plus, invités à prendre les mesures de précautions recommandées pour les chantiers poussiéreux et notamment à faire nettoyer soigneusement les fronts de taille et arroser les galeries.

du Broual.

du 2 Janvier 1832).

Circonstances de l'accident. — Quatre ouvriers se trouvaient dans la mine de Vialarels. Deux d'entre eux travaillaient à l'extrémité d'une galerie de direction ; les deux autres attaquaient par les deux bouts, à une vingtaine de mètres en arrière, une traverse destinée à l'aérage. Tous étaient munis de lampes de sûreté

Une explosion, dont le bruit fut entendu au jour et dont les circonstances sont restées inconnues, détermina la mort de ces quatre ouvriers.

L'aérage fut interrompu ; des éboulements se produisirent ; on ne put arriver près des victimes que seize heures après l'accident. Elles furent trouvées à une cinquantaine de mètres de leurs chantiers ; deux seulement étaient légèrement brûlées

A. — MINES DE HOUILLE

1. — BASSIN DE BRASSA

1. — Concession de

(Institué par décret d

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes. 10
						Tonnes.			
649	1845 2 Décembre.	Mine du Feu.	4 dont 3 Brûlés et 1 asphyxié.	»	96	21600	?	Lampe à feu nu.	Imprudence de deux des victimes qui s'étaient servies de lampes à feu nu, malgré la consigne.
650	1847 19 Février.	Couche dite de La Sole. — Étage de 200m.	»	5 Brûlés dont 2 grièvement.	?	?	?	Lampe de sûreté dont on avait chassé la flamme hors du treillis en soufflant dessus.	Imprudence de l'une des victimes qui, voyant la flamme d'une lampe de sûreté s'allonger, avait soufflé dessus et l'avait ensuite jetée à terre.
651	1869 27 Octobre.	Mine du Feu.	1 Brûlé.	»	209	45593	Suspension momentanée du travail dans un chantier probablement mal aéré.	Lampe de sûreté ouverte.	Imprudence de la victime et de son camarade qui avaient détamisé leur lampe de sûreté.

— GROUPE DE L'AUVERGNE.

— Département de la Haute-Loire.

arthes, des Aus et du Feu.

Février 1829).

OBSERVATIONS.

11

Indications générales. — L'aérage était assez bon.

Depuis que le grisou s'était montré dans certaines parties de la mine, les ouvriers devaient se servir de lampes de sûreté (système Roberts). Cet ordre, toutefois, n'était pas exécuté ponctuellement, car certains ouvriers avaient des lampes à feu nu.

Circonstances de l'accident. — Six ouvriers abattaient du charbon dans la grande couche du Feu, qui faisait partie du groupe supérieur. Vers six heures du matin, une certaine quantité de grisou s'enflamma sur la lampe à feu nu de l'un d'eux. Quatre d'entre eux furent brûlés mortellement; les deux autres n'eurent que des contusions insignifiantes.

L'explosion se fit sentir jusqu'au jour. Le ventilateur fut brisé et on dut en installer un autre pour pouvoir continuer la recherche des cadavres des victimes

Mesures prises à la suite de l'accident. — Les exploitants ont été invités :

1° A faire arriver l'air plus près des chantiers d'exploitation ;

2° A ne jamais laisser, dans chaque couche, les remontes séparées de plus de dix mètres ;

3° A augmenter le nombre de leurs lampes de sûreté, à les faire munir de cadenas et à en ordonner l'emploi exclusif dans les travaux.

Indications générales. — L'aérage était bon.

La mine dégageait du gaz en assez grande quantité.

L'éclairage se faisait au moyen de lampes de sûrete accrochées de distance en distance aux boisages des galeries.

Circonstances de l'accident. — Cinq ouvriers travaillaient dans une galerie de la couche de la Sole, à l'étage de 200m. L'un d'eux, passant devant une lampe, vit la flamme s'allonger considérablement et le cylindre devenir incandescent. Au lieu de baisser la mèche et de changer doucement la lampe de place, ainsi qu'il était recommandé, il souffla vivement sur la flamme et jeta violemment la lampe à terre. Le grisou prit feu et brûla les cinq ouvriers, dont deux très grièvement.

Indications générales. — Il n'existait pas de règlement dans la mine ; toutefois sur l'invitation des Ingénieurs, l'usage de la lampe de sûreté y avait été introduit dans la partie dite du Feu, où le grisou apparaissait quelquefois

Circonstances de l'accident. – Un piqueur et un rouleur étaient occupés, le premier à abattre du charbon sur un front de taille très voisin d'une descenderie ; le second à enlever, au pied de celle-ci, les produits de l'abatage. Rien ne décelait la présence du grisou et ils avaient, pour mieux voir, enlevé le treillis de leur lampe de sûreté. Au moment où ils rentraient à leur chantier, après le repas de midi, une inflammation de gaz se produisit au front de taille et brûla légèrement le piqueur, qui put regagner à pied son domicile, mais mourut six jours après. Quant au rouleur placé au bas de la descenderie, il ne ressentit aucune secousse.

A. — MINES DE HOUI

1. — BASSIN DE BE

2. — Concession

N° d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes 10
						Tonnes.			
652	1870 15 Janvier.	Puits de Bouxhors. — Quartier dit du Nouveau Feu. — Niveau de 207m. — Couches N° 4 et N° 3.	7 Brûlés et Asphyxyés.	4 Brûlés.	222	48460	Ventilation insuffisante de chantiers très grisouteux situés en dehors du courant d'air principal	Flamme d'une lampe de sûreté sortie hors du treillis.	Défaut de p sence d'esprit la part d'une victimes, qui voyant le tam de sa lampe re gir, a empor celle-ci précip tamment, au lie d'abaisser doun ment la mèch pour éteindre l flamme.
653	1871 ?	?	?	?	194	48462	?	?	?

— GROUPE DE L'AUVERGNE.

— Département de la Haute-Loire.

Mines, des Ans et du Feu (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

Mesures prises à la suite de l'accident. — Les ingénieurs du service local des mines ont été invités à étudier, s'il y avait lieu, les améliorations dont l'aérage de cette mine pouvait être susceptible.

Indications générales. — L'aérage général était suffisamment actif.

Quelques chantiers en dehors de la voie d'air principale étaient aérés seulement par diffusion. L'un, en particulier, situé dans la quatrième couche, très grisouteuse et où l'inflammation a pris naissance, était à 20^{m} du courant d'air. Un autre, dans la troisième couche, était aéré au moyen d'une dérivation du courant principal, obtenue à l'aide d'un tuyau aspirateur en tôle, de 0^{m}33 de diamètre, débouchant d'autre part par le courant d'air. Cette situation ne devait être que temporaire.

Circonstances de l'accident. — Plusieurs ouvriers travaillaient dans un chantier de la quatrième couche du puits de Bouxhors. Une explosion de grisou se produisit et fit onze victimes. Six furent retrouvées brûlées mortellement ou asphyxiées ; des cinq autres blessées plus ou moins grièvement, l'une mourut quarante jours après.

Un des blessés avait vu la flamme venir à lui et s'était jeté à terre.

Les dégâts matériels ont été peu considérables, surtout dans la trosième couche.

Remarques particulières. — Les chantiers de la quatrième couche, visités quelques jours auparavant, dégageaient des quantités considérables de grisou.

On a supposé que l'une des victimes ayant vu le tamis de sa lampe, qui était suspendue au plafond ,se remplir de flammes, l'aurait décrochée, et se serait enfui en l'emportant. La flamme , chassée hors du treillis aurait déterminé l'inflammation du gaz.

Mesures prises à la suite de l'accident. — Un arrêté a été pris par le Préfet pour réglementer l'emploi des lampes de sûreté déjà employées de fait dans la mine.

Pas de détails.

A. — MINES DE HOUIL

1. — BASSIN DE BRA

1. — Concession

Nos d'ordre.	DATE de l'accident.	LIEU de l'accident.	NOMBRE d'ouvriers		OUVRIERS au fond.	PRODUCTION annuelle de la mine.	CAUSES DE L'ACCIDENT		
							Causes directes		Causes indirectes
			Tués.	Blessés.			de l'accumulation du gaz.	de l'inflammation du gaz.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
						Tonnes.			
654	1874 25 Septembre.	4e Couche.	1 Brûlé.	»	263	39705	Niveau en percement aéré seulement par diffusion.	?	»

2. — Concession

(Instituée par décret du

						Tonnes.			
655	1856 2 Février.	?	1 Brûlé.	5 Brûlés dont 1 grièvement et, de plus, contusionné	6	290	Interruption de travail de deux heures dans un chantier de niveau en cul-de-sac, situé à 50 mètres du courant d'air et aéré seulement par diffusion.	? Lampe à feu nu ou lampe de sûreté détamisée	mprudence maître-mi qui avait env un ouvrier d un chantier pl dans de mauv ses conditions.

— GROUPE DE L'AUVERGNE.

— Département de la Haute-Loire.

rthes, des Aus et du Feu (*suite*).

OBSERVATIONS

II

Indications générales. — L'aérage des travaux se faisait naturellement, entre le Grands Puits et les trois puits de Morny, Neuf et du Feu. Le débit du courant d'air total était de 12^{m3} par seconde pour une extraction journalière de 150 tonnes et un développement de travaux total de $5,500^{m}$.

Le quartier du Feu était parcouru par la plus faible des trois branches, mais le courant d'air y était cependant suffisant et donnait à chaque ouvrier 3 à 4^{m3} par minute.

L'aérage de ce quartier était d'ailleurs en voie d'amélioration ; on élargissait le puits du Feu qui servait à la sortie de l'air.

Le grisou ne se rencontrait que dans le quatier du Nouveau-Feu, sur une longueur de 300^{m} en direction.

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier, travaillant dans un chantier de la couche N° 1, au niveau de 240^{m}, dans le quartier du Nouveau-Feu, était allé chercher des bois à l'extrémité d'un travers-bancs dans lequel un niveau était amorcé dans la quatrième couche. Il détermina une explosion de grisou qui lui causa des brûlures mortelles.

Remarques particulières. — Les circonstances et les causes de l'accident sont restées inconnues. La lampe Mueseler dont l'ouvrier était muni a été retrouvée intacte et fermée à clef.

de la Chalède.

16 Novembre 1849).

Indications générales. — Les travaux de la mine de la Chalède ne se composaient que d'une galerie au rocher, reliant les puits N° 1 et N° 2 et de deux galeries de recherches.

L'aérage se faisait entre les deux puits ; le courant aérait sur 30^{m} les deux galeries de recherches voisines, en passant par la seule remontée qui les réunissait.

Les galeries étaient prolongées de 40 et 50^{m} au-delà.

Le grisou se montrait depuis plusieurs mois. Les ouvriers étaient munis de lampes de sûreté, mais ils travaillaient à feu nu quand ils avaient constaté l'absence du gaz.

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier, en rentrant après deux heures d'absence dans un chantier situé à 50^{m} du courant d'air, détermina une explosion ; le mineur fut tué sur le coup; un maître-mineur fut fortement brûlé et contusionné; quatre autres ouvriers n'eurent que des brûlures légères ou des contusions; un seul ouvrier, qui se trouvait près du puits, resta sain et sauf.

Remarques particulières. — Les circonstances qui ont déterminé l'explosion sont restées inconnues. L'ouvrier, auteur de l'accident, n'était retourné à son travail qu'avec répugnance et sur les instances du maître-mineur, qui n'eut dû placer aucun ouvrier dans un chantier situé dans d'aussi mauvaises conditions.

A. — MINES DE HOUIL

1. — BASSIN DE BRAS

2 — Concess

N° d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers — Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers — Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes.			
656	1868 6 Décembre.	?	»	1 Brûlé légèrement.	15	1735	Cloche produite par un éboulement au toit d'une galerie en perrement.	Lampe à feu nu.	Imprudence maître-mineur qui n'avait p visité le chant après l'éboul ment avec u lampe de sûreté Imprudence la victime q avait élevé lampe à feu dans une cloche
657	1869 9 Août.	?	»	2 Brûlés assez grièvement.	21	3700	Petite chambre adjacente à une galerie et aérée seulement par diffusion.	Lampe à feu nu.	Imprudence maître-mineur l'une des victime

5. — GROUPE DU TARN ET DE L'AVEYRON.

1. — Département de l'Aveyron.

de Houhle (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

Indications générales. — L'aérage général était satisfaisant.

Le grisou ne se dégageait dans la mine qu'en très faible quantité. Il n'y avait pas de réglement prescrivant les précautions à prendre contre ce gaz et on ne se servait que de lampes à feu nu.

Circonstances de l'accident. — L'Ingénieur de la mine et trois ouvriers, munis de lampes à feu nu, voulaient examiner au point de vue de la présence du grisou l'état d'un montage en cul-de-sac, abandonné depuis quelques jours. Ils s'étaient arrêtés au pied et l'un d'eux s'était mis au ventilateur pour chasser le grisou accumulé au front de taille. Le gaz refoulé par le courant vint s'allumer sur une des lampes à feu nu et brûla plus ou moins les trois personnes.

Mesures prises à la suite de l'accident. — L'Ingénieur de la mine a été l'objet de poursuites judiciaires.

Les exploitants ont été invités à produire un projet de règlement contre le grisou.

Circonstances de l'accident. — Une traverse pratiquée entre les niveaux de 117 et 130^{m}, à partir du dernier montage reliant ces deux niveaux, avait atteint 35^{m} de longueur ; les 10 derniers mètres avaient été percés en montant.

Après une interruption de travail d'un jour, deux ouvriers munis de lampes à feu nu se rendaient à l'avancement de cette galerie, lorsqu'arrivés en un point de la partie montante où une cloche s'était formée au toit, une explosion de grisou se produisit et les brûla tous les deux grièvement ; l'un d'eux mourut des suites de ses blessures.

Remarques particulières. — Le grisou ne s'était jamais montré dans ce chantier. Malgré l'accident arrivé le 2 février 1870 dans un chantier distant de 50^{m} de celui où eut lieu l'accident, on ne visitait pas les chantiers avec une lampe de sûreté avant la reprise du travail.

Indications générales. — On n'avait jamais constaté la présence du grisou dans cette partie de la mine ; néanmoins les ouvriers étaient munis de lampes Mueseler.

Circonstances de l'accident. — Deux ouvriers étaient occupés dans un chantier en renfoncement, de 2^{m} de profondeur, établi sur le bord d'une traverse ouverte à la houille, dans une couche de 1^{m}30 de puissance.

L'un de ces ouvriers, après avoir préparé un coup de mine presque en couronne au fond du chantier, y mit le feu en élevant le tamis de sa lampe de sûreté. Puis il se rendit dans le couloir transversal auprès de son camarade, à 10^{m} environ de distance du coup de mine. Une forte détonation retentit et les deux ouvriers se virent enveloppés d'une flamme rougeâtre qui les brûla tous les deux, l'un grièvement, l'autre légèrement. Ils se précipiterent sans lumière au fond du couloir en appelant au secours ; on les remonta au jour ; ils purent gagner de pied l'infirmerie, mais l'un d'eux mourut huit jours après.

A. — MINES DE HOUI

1. — BASSIN DE BE

3. — Conces

(Instituée par déc

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirec 10
						Tonnes.			
658	1864 22 Décembre.	Couche dite Robert-Brown. — Étage de 254m	»	3 Brûlés dont 2 assez grièvement.	110	25836	Interruption du travail.	Lampes à feu nu.	Imprude victimes qu vaient pa soin d'é suffisamm leurs lamp feu nu du tier dont l pulsaient l sou

b. — DÉPARTEMENT D

1. — Concessio

(Instituée par décret

						Tonnes.			
659	1855	?	1	3	79	13213	»	»	»
660	Id. 17 Juin.	Puits d'Orléans. — Groupe de la Verrerie — Couche principale.	1 Brûlé.	1 Brûlé. grièvement.	Id.	Id.	Interruption du travail pendant une demi-heure et éboulement de schistes dans un fond de galerie au rocher, aérée seulement par diffusion.	Lampe à feu nu.	Cause fort

– GROUPE DE L'AUVERGNE.

– Département de la Haute-Loire.

e la Taupe.

Mai 1786).

OBSERVATIONS.

11

Indications générales. — Le grisou se dégageait en petite quantité dans la couche dite Robert Brown. Un maître-mineur, muni d'une lampe de sûreté, visitait tous les matins les chantiers, avant l'arrivée des ouvriers, pour constater la présence ou l'absence du gaz. Lorsqu'un chantier était reconnu dangereux, les ouvriers déposaient leurs lampes ordinaires dans la galerie la plus proche où passait le courant d'air et, munis de lampes de sûreté, allaient au chantier dont ils agitaient violemment l'atmosphère avec leurs vêtements pour chasser le gaz.

Circonstances de l'accident. — Trois ouvriers venaient d'arriver à leur chantier, après avoir échangé dans une traverse d'aérage leurs lampes ordinaires contre des lampes de sûreté. Deux d'entre eux avaient déjà retiré leurs vêtements et s'en servaient pour agiter l'air. Le mélange grisouteux ayant pris feu sur les lampes ordinaires qui avaient été déposées trop près, ces deux ouvriers furent brûlés assez grièvement; le troisième, qui ne s'était pas encore déshabillé, reçut des brûlures légères. Le maître-mineur qui se trouvait dans la traverse au moment de l'explosion vit arriver la flamme et eut la barbe légèrement roussie.

PUY-DE-DOME.

de La Combelle.

20 Décembre 1820.)

Pas de renseignements.

Indications générales. — Le grisou n'avait jamais été rencontré dans cette partie de la mine. On y travaillait exclusivement avec des lampes à feu nu.

Circonstances de l'accident. — Deux ouvriers extrayaient du remblai d'une galerie au rocher ouverte au toit de la couche principale du groupe de la Verrerie. Cette galerie, qui traversait des bancs de schistes ébouleux, n'avait que 8^{m} de longueur et était aérée par diffusion.

Après une absence d'une demi-heure, pendant laquelle un éboulement s'était produit, un des deux ouvriers, en retournant au front de taille avec sa lampe à feu nu, provoqua une inflammation de grisou qui le brûla grièvement ainsi que son camarade. L'une des deux victimes mourut des suites de ses brûlures.

A. — MINES DE HOUIL

1. — BASSIN DE BRA

1. — Conces

Nos d'ordre.	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers — Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers — Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes. 10
661	1856 22 Janvier.	Puits d'Orléans. — Groupe de la Verrerie.	»	2 Brûlés dont 1 très grièvement.	190	Tonnes. 12857	Vides existant dans les remblais dans un quartier de la mine insuffisamment aéré.	Lampe à feu nu.	Imprudence victimes qui ployaient des pes à feu nu un chantier le grisou s'é montre. Manque de veillance relat ment aux la de sûreté l'emploi n'é pas énergi ment imposé ouvriers.
662	1877 19 Février.	Puits d'Orléans. — Grande couche. — Étage de 264m	2 Asphyxiés.	»	160	23080	Galerie de direction en percement dont le front de taille était à 10m du courant d'air	Lampe de sûreté détamisée.	Imprudence victimes qui, gré la défe avaient déta leurs lampes sûreté.

6. — GROUPE DE L'AUVERGNE.

1. — Département du Puy-de-Dôme.

de la Combelle (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

Indications générales. — Les lampes de sûreté étaient en usage dans la mine, mais les exploitants n'en maintenaient pas énergiquement l'emploi exclusif, malgré un arrêté préfectoral du 6 juillet 1824 qui imposait les lampes de sûreté dans toutes les mines grisouteuses du département du Puy-de-Dôme.

Circonstances de l'accident. — Vers l'extrémité est de la couche de la Verrerie, on avait commencé un rabattage au-dessus des galeries de niveau précédemment ouvertes et remblayées. Les deux ouvriers de ce chantier, n'ayant pas vu de grisou depuis quelques jours, arrivaient à leur travail avec des lampes à feu nu, lorsqu'une explosion de gaz se produisit et les brûla, l'un très grièvement, l'autre légèrement.

Remarques particulières. — Le courant d'air passait dans le chantier où l'accident s'est produit, mais seulement en petite quantité et après avoir parcouru presque toute l'exploitation.

De plus, la température était très élevée dans cette partie de la mine.

Dans cette partie de la mine les remblais faisaient défaut et les vides existants avaient probablement permis l'accumulation d'une assez grande quantité de gaz.

Indications générales. — L'aérage de la mine qui se faisait naturellement entre les puits d'Orléans et de la Verrerie était très défectueux.

La plupart des galeries étaient conduites au milieu de vieux travaux, à la recherche d'anciens piliers abandonnés.

Circonstances de l'accident. — A l'extrémité ouest des travaux de la grande couche, à l'étage de 254^{m}, deux ouvriers poussaient deux galeries de direction, séparées par un massif de 6^{m} et dont les fronts de taille étaient à 10^{m} en avant de la dernière remontée reliant ces galeries. Quelques ouvriers travaillaient a 140^{m} en arrière lorsque soudain ils entendirent une détonation suivie d'une commotion violente. Se sentant envahis par le mauvais air, ils sortirent de la mine et donnèrent l'alarme. On descendit aussitôt, mais ce n'est que trois heures après que l'état de l'air permit d'arriver à l'extrémité ouest des travaux où l'on trouva à 25 et à 50^{m} de leurs postes, les cadavres des deux ouvriers employés à l'avancement des deux galeries. Tous deux avaient succombé à l'asphyxie; celui qui travaillait à la galerie supérieure n'avait aucune trace de brûlures

Remarques particulières. — Le chantier où l'accident s'est produit était suffisamment aéré ; l'air arrivait par la galerie inférieure, passait par la remontée de 10^{m} des fronts de taille et revenait par la galerie supérieure.

Les lampes de sûreté des deux victimes avaient été détamisées, malgré les recommandations du chef de poste au moment de sa visite.

L'explosion a dû se produire à l'extrémité de la galerie inférieure où un montage était commencé sur 2^{m} de longueur. Les bois de cette galerie étaient recouverts, du côté du front de taille, d'une couche de 1 à 2 millimètres de schistes charbonneux.

STATISTIQ

A. — MINES DE HO

1. — BASSIN DE

2. — Conces

(Instituée par dé

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	Lieu de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes de l'accumulation du gaz 8	de l'inflammation du gaz. 9	Causes indirectes. 10
						Tonnes.			
663	1880 6 Septembre.	Mine Saint-Éloi. — Couche du Centre. — Étage 14 bis.	»	1	297	59120	Anfractuosites existant au toit d'un chantier.	Lampe à feu nu.	Refoulemen par les rem du gaz comb ble sur une la à feu nu ac chée à proxim

3. — Concession

(Instituée par décret du

664	1872 21 Juillet.	Puits Saint-Alexandre. — Étage de 196m. — Mine d'Anthracite.	1 Brûlé.	1 Brûlé.	?	?	Chômage de 12 heures dans une galerie en cul-de-sac, aérée seulement par diffusion.	Lampe à feu nu.	Défaut de sur veillance de la part des exploi tants. Imprudence de l'une des victi mes qui avait clo vé sa lampe à feu nu au toit du chantier

6. — GROUPE DE L'AUVERGNE.

1. — Département du Puy-de-Dôme.

de la Roche.

27 Décembre 1837).

OBSERVATIONS.

11

Indications Générales. — La présence du grisou n'avait jamais été constatée dans mine Saint-Eloi. On y employait exclusivent des lampes à feu nu.

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier a été légèrement brûlé par une flambée d'un gaz combustible — probablement du grisou —, qui se serait accumulé dans des anfractuosités existant au toit d'un chantier et qui, délogé ensuite par les remblais, serait venu s'allumer sur une lampe à feu nu accrochée à proximité.

Remarques particulières. — On avait, paraît-il, déjà constaté précédemment la présence de gaz inflammable dans ce même chantier, mais rarement et toujours en petite quantité.

Cet accident ne rentre pas d'une manière certaine dans la catégorie des accidents de grisou.

Mesures prises à la suite de l'accident. — Les ouvriers du chantier ont été munis de lampes de sûreté.

Tous les chantiers sont visités depuis, chaque matin, avant l'arrivée des ouvriers, par un maître mineur muni d'une lampe de sûreté.

du Charbonnier.

22 Janvier 1823).

Indications générales. — L'aérage naturel était déterminé par deux puits, dont les orifices avaient 5m de différence de niveau. Le courant d'air était peu actif, surtout pendant les grandes chaleurs.

Circonstances de l'accident. — A la reprise du travail, le dimanche soir, un ouvrier avait été chargé de remblayer une galerie. Le chef de poste, en venant visiter le travail, posa sa lampe à feu nu au toit de la galerie et détermina une inflammation de grisou qui le brûla très grièvement, et l'ouvrier un peu moins. Le premier mourut le lendemain des suites de ses blessures.

Remarques particulières. — Les deux victimes ont affirmé n'avoir jamais vu de grisou dans le chantier.

L'accident a été attribué en partie à un défaut de surveillance de la part des exploitants.

Mesures prises à la suite de l'accident. — Le Directeur de la mine a été poursuivi judiciairement et condamné à une amende pour homicide par imprudence.

Un arrêté du préfet du Puy-de-Dôme a rendu obligatoire l'emploi exclusif de la lampe de sûreté dans les travaux de la mine et a prescrit l'acquisition par les exploitants d'appareils respiratoires de sauvetage.

Les exploitants ont été invités à produire un projet d'aménagement de l'aérage de la mine.

A. — MINES DE HOUILL

2. — BASSIN DE CHAMPAGNAC ET BOURG-LASTIC

1. — Concession

(Instituée par décret du 20 Mai 1842

N° d'ordre.	DATE de l'accident.	LIEU de l'accident.	NOMBRE d'ouvriers		OUVRIERS au fond.	PRODUCTION annuelle de la mine.	CAUSES DE L'ACCIDENT		
							Causes directes		Causes indirectes.
			Tués.	Blessés.			de l'accumulation du gaz.	de l'inflammation du gaz.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
665	1877 28 Mars.	Puits de la Gineste. — Couche Croizet. — Niveau de 47m.	»	3 Brûlés dont 1 grièvement.	12*	Tonnes. 25*	Recoupe de 5m de profondeur, aérée seulement par la diffusion du courant qui passait devant son entrée.	Flamme d'un coup de mine.	Imprudence coupable de la part de l'une des victimes qui, malgré la défense, avait tiré un coup de mine en couronne dans un chantier grisouteux.

Erratum à la Concession de la Grand'Combe

Renseignements complémentaires relatifs à

478	1854 2 Septembre.	Mine d'Abylon — Plan incliné N° 2. — Quartier Nord. —	12	3	400	Tonnes 101040	Chantier en remonte, abandonné provisoirement.	? Lampe de sûreté ouverte ou en mauvais état.	Imprudence des victimes, qui avaient pénétré dans un chantier provisoirement abandonné et barré par des bois en croix.

* Pour l'année 1876.

6. — GROUPE DE L'AUVERGNE.

a. — Département du Cantal.

de Champleix.

(abandonnée en 1858, reprise en 1875).

OBSERVATIONS.

II

Indications générales. — L'aérage se faisait au moyen d'un ventilateur, aspirant ou soufflant à volonté, établi à l'orifice du puits et d'une conduite de bois carrée, de 0m28 de côté, qui allait jusqu'à l'avancement de la couche Croizet.

On avait rencontré du grisou dans cette couche et on y employait exclusivement des lampes Mueseler.

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier, qui travaillait au fond d'une recoupe de 5m de profondeur, débouchant dans la galerie de direction de la couche Croizet, mit le feu à un coup de mine foré en couronne à l'avancement. Une explosion de grisou se produisit et le brûla grièvement. Deux autres ouvriers, qui se trouvaient dans la galerie, furent également atteints, mais plus légèrement.

Remarques particulières. — Le matin même de l'accident, il y avait au fond de la recoupe une assez grande quantité de gaz, puisque la lampe du mineur, cause et principale victime de l'explosion, s'y était éteinte et qu'il avait dû la renvoyer au jour pour la faire rallumer.

Il était formellement interdit de forer des coups de mine en couronne, ainsi que d'en allumer dans les chantiers envahis par le grisou. De plus, les ouvriers devaient immédiatement quitter tout chantier où une lampe se serait eteinte.

— Bassin d'Alais. — Groupe du Gard.

l'accident N° 478 (5e fascicule).

Indications générales. — Les ouvriers étaient tous munis de lampes de sûreté.

Circonstances de l'accident. — A 6 heures 1/2 du matin, peu après l'arrivée du poste de jour, sept ouvriers d'un chantier ayant besoin de rails et voulant s'éviter la peine d'aller les chercher au jour, en remontant les plans inclinés, pénétrèrent en cachette dans un chantier voisin en remonte, que l'on avait abandonné depuis deux mois à cause de l'abondance du gaz, et dont l'entrée était provisoirement interdite par des bois en croix.

Par suite d'une circonstance restée inconnue, le grisou accumulé dans ce chantier prit feu et les brûla mortellement tous les sept, ainsi que cinq ouvriers travaillant dans le voisinage. En outre, trois autres mineurs furent blessés légèrement.

L'explosion, très violente, détermina plusieurs éboulements dans les galeries avoisinantes ; la cloche hydraulique du puits du Ravin fut soulevée, et quelques portes renversées.

Mesures prises à la suite de l'accident. — Un arrêté préfectoral a prescrit de remplacer les barrages en croix par des barrières à claire-voie cadenassées.

(La suite à une prochaine livraison).

NOTICE

SUR LES

PRIX DE REVIENT DE LA TRACTION

ET SUR

LES ÉCONOMIES RÉALISÉES PAR L'APPLICATION DE DIVERSES MODIFICATIONS AUX MACHINES LOCOMOTIVES

Par M. RICOUR, ingénieur en chef des ponts et chaussées,
ingénieur en chef du matériel et de la traction des chemins de fer de l'État.

EXPOSÉ.

Un mémoire, en date du 20 septembre 1883 (*), a fait connaître les avantages que présentent l'application de *soupapes de rentrée d'air* aux machines locomotives et le remplacement des tiroirs plans par des *tiroirs cylindriques* équilibrés.

Parmi ces avantages nous avons signalé une large réduction des frais d'entretien, une usure presque nulle des tiroirs, la substitution si économique des huiles minérales aux huiles végétales, la suppression de la cause principale des corrosions des chaudières, et enfin une augmentation de plus de 16 p. 100, comparativement aux machines ordinaires, dans le rendement en travail utile.

(*) Ce mémoire a été publié dans les *Annales des Ponts et Chaussées* (n° d'avril 1884). Une décision ministérielle en a prescrit l'insertion dans les *Annales des Mines* (4e livraison, 1884.)

Au 20 septembre 1883, les machines modifiées étaient au nombre de 36 : elles n'avaient que de faibles parcours : il manquait la sanction d'une pratique prolongée. Il n'en est plus de même aujourd'hui : plus de 150 machines munies de soupapes de rentrée d'air, et graissées exclusivement à l'oléonaphte, circulent sur les voies du réseau de l'État, et les parcours dépassent cinq millions de kilomètres. L'expérience a donc eu lieu sur une vaste échelle, et il est intéressant de connaître les faits constatés tant au point de vue du fonctionnement et de l'entretien des appareils nouveaux qu'au point de vue de leur influence sur les dépenses de traction.

Nous examinerons dans un *premier chapitre* les avantages et les inconvénients de ces nouveaux organes ajoutés à la machine locomotive, ainsi que les précautions spéciales qu'exige l'entretien.

Dans un *deuxième chapitre* nous ferons connaître quelques nouvelles modifications tendant, comme les précédentes, à diminuer l'usure et à améliorer le rendement du moteur.

Enfin, dans un *troisième chapitre*, nous rechercherons dans quelle mesure l'influence des améliorations réalisées s'est manifestée dans le prix de revient de la tonne kilométrique.

CHAPITRE Ier.

SOUPAPES DE RENTRÉE D'AIR ET TIROIRS CYLINDRIQUES.

Soupapes de rentrée d'air. — Le principal organe de la machine modifiée est la soupape de rentrée d'air. Cette soupape implantée soit sur le conduit d'admission, soit sur la boîte de distribution de vapeur (fig. 1, Pl. I), a pour effet de transformer en *machine soufflante* la locomotive marchant avec régulateur fermé : elle empêche l'introduc-

tion dans les cylindres des gaz chauds de la boîte à fumée, elle supprime ainsi la cause principale de l'usure des tiroirs. Elle rend facile l'emploi exclusif des huiles minérales pures au lieu et place des huiles végétales.

Diamètre du clapet. — L'expérience a démontré que le diamètre le plus convenable des clapets des soupapes est de 8 centimètres pour des cylindres de 100 litres. Il y a un léger avantage à porter ce diamètre à 9 centimètres pour des cylindres de 150 litres.

Suspension du clapet. — La seule précaution à prendre pour la conservation des clapets et des sièges des soupapes consiste à maintenir le clapet à 2 millimètres environ de son siège, lorsque la machine est au repos avec régulateur fermé.

Pour mieux assurer cette condition importante, nous avons légèrement modifié la disposition primitivement décrite dans le mémoire du 20 septembre 1883.

Le clapet (fig. 2, Pl. I) est suspendu à l'aide de 2 ressorts, *a* et A. Le ressort *a* forme une sorte de tampon qui maintient le clapet à la distance voulue : lorsque le régulateur s'ouvre, le tampon est comprimé énergiquement, et le clapet s'applique sur son siège.

Le deuxième ressort A fait à peu près exactement équilibre au poids de la soupape, et dès qu'une aspiration se produit, le clapet vient s'appliquer contre le mamelon d'arrêt *m*, sans présenter de résistance appréciable à l'appel d'air. Dans ces conditions, il n'y a pas de matage nuisible : l'expérience démontre qu'il n'y a pas de fuites à ces soupapes, et qu'après 100 000 kilomètres de parcours, il n'y a pas encore utilité de dresser les surfaces de contact.

Frais d'entretien. — La dépense d'entretien est absolument négligeable. Nous donnerons plus loin les écono-

mies que l'application de ces soupapes a permis de réaliser sur le seul article du graissage (*).

Tiroirs cylindriques. — On sait que le tiroir cylindrique est formé par un segment élastique de 6 millimètres d'épaisseur, portant une nervure *nn* de 3 millimètres à l'intérieur, comme l'indique la figure 3, planche I.

Usure des tiroirs. — Ce tiroir ne frotte contre les parois du cylindre distributeur que pendant la marche avec régulateur ouvert. Il ne perd en moyenne que 1/2 millimètre de son épaisseur pour un premier parcours de :

100 000 kilomètres.

L'usure croît moins vite que les parcours.

Le 20 septembre 1883, nous avons trouvé à l'aide de pesées très exactes une usure de $\frac{1}{10}$ de millimètre pour des parcours réels de 13 à 14 000 kilomètres, ce qui permettait de prévoir des parcours de 130 000 à 140 000 kilomètres pour 1 millimètre d'usure. Aujourd'hui, après des parcours réels de 100 000 kilomètres, l'usure moyenne étant de 1/2 millimètre, on peut prévoir que les parcours dépasseront 200 000 kilomètres avant que l'usure n'atteigne 1 millimètre. Pour certaines machines conduites par les mécaniciens les plus soigneux, l'usure est, pour ainsi dire, négligeable.

Nous donnons ci-dessous les résultats constatés sur la machine n° 2071 après 110 000 kilomètres de parcours.

(*) Le graissage des machines munies de soupapes de rentrée d'air est fait *exclusivement*, sur le réseau de l'État, avec l'huile minérale russe, ou *oléonaphte* résidu de la distillation du naphte brut du Caucase. Voir le *Mémoire* précité du 20 septembre 1883, chapitre II.

DÉSIGNATION des tiroirs	POIDS primitif	POIDS après 110 000 kilom.	PERTE de poids	PERTE DE POIDS ramené à 100 000 kilom.
	k	k	k	k
Tiroir A/. D (1). . . .	1,845	1,790	0,055	0,050
— A/. G.	1,885	1,822	0,063	0,058
— A/R D.	1,885	1,830	0,055	0,050
— A/R G.	1,878	1,824	0,054	0,050

(1) Les notations A/D et A/G désignent les tiroirs qui correspondent aux lumières du côté *Avant* des deux cylindres moteurs; de même les notations A/RD et A/RG désignent les tiroirs qui correspondent aux lumières du côté *Arrière* des deux cylindres placés, on le sait, l'un à *Droite* et l'autre à *Gauche* de la machine.

On voit que l'usure a été à peu près la même pour les 4 tiroirs : elle est en moyenne de 52 grammes par 100 000 kilomètres. Or la perte de poids pour 1 millimètre d'usure serait de 273 grammes par tiroir. Il résulte de là que pour la machine 2071 la perte d'épaisseur des tiroirs après 100 000 kilomètres de parcours correspond à une fraction de millimètre égale à $\frac{52}{273}$, soit moins de $\frac{2}{10}$ de millimètre.

Pour les tiroirs plans ordinaires, le parcours correspondant à 1 millimètre d'usure est, en moyenne, sur le réseau de l'État de :

3 300 kilomètres.

Nous venons de voir que pour les tiroirs cylindriques ce parcours s'élève en moyenne à plus de :

200 000 kilomètres.

Le rapport de ces deux nombres est :

$$\frac{3\,300}{200\,000} = \ldots\ldots \frac{1}{60}.$$

Rien ne peut démontrer plus clairement l'énorme réduc-

tion des frottements réalisée par l'emploi des tiroirs cylindriques.

Mécanisme de distribution. — L'usure des tiroirs étant 60 fois moindre, comme il y a proportionnalité entre les frais d'entretien et l'usure, les frais d'entretien de tout le mécanisme de la distribution depuis les colliers d'excentriques jusqu'aux tables des tiroirs inclusivement sont, pour ainsi dire, nuls : la preuve en est fournie par nos machines à tiroirs cylindriques qui ont aujourd'hui parcouru plus de 100 000 kilomètres sans interruption, et dont toutes les pièces du mouvement présentent un poli plus beau qu'au sortir de l'usine, sans usure appréciable.

Souches mâles. — Nous avons signalé, dans notre mémoire du 20 septembre 1883, le matage produit sur certaines souches mâles des tiroirs cylindriques, et nous avons indiqué la disposition adoptée pour éviter ce matage : Une couronne en tôle d'acier emboutie formant lame élastique (fig. 4, Pl. I) exerce sur la nervure *nn* du segment une pression de 80 kilogrammes environ. Cette nervure est ainsi constamment appuyée contre la souche mâle. Le matage a totalement disparu, et il se produit actuellement une légère usure due au frottement de la nervure dans les petits déplacements relatifs de la souche et du segment. Cette usure relevée très exactement est inférieure à $\frac{1}{10}$ de millimètre par 10 000 kilomètres de parcours.

Lorsqu'on visite les pistons distributeurs, on voit l'empreinte de la nervure sous forme d'une zone polie HH d'une largeur variable entre $7^{mm},5$ et 10 millimètres (fig. 5, Pl. I).

Mode d'entretien. — Voici la seule précaution à prendre pour empêcher cette légère usure de nuire à l'étanchéité des tiroirs. *Il faut enlever au tour une petite rainure* mm *ayant* $7^{mm},5$ *de largeur et* 1 *millimètre de profondeur*,

comme cela est indiqué (fig. 6, Pl. I). *Le rebord poli par l'usure est laissé intact* sur $7^{mm},5$ de largeur. A l'emplacement qu'occupe la sellette, le fond de la rainure est étamé, l'alliage d'étain vient affleurer le plan de la zone polie lorsque le piston distributeur est monté et mis en place; c'est sur cette partie étamée que se trouve le joint de la sellette avec la souche mâle, comme l'indique la figure 7, Pl. I.

Grâce à cette simple précaution, l'étanchéité des tiroirs cylindriques est aussi complète après 100 000 kilomètres de parcours qu'au sortir de l'usine.

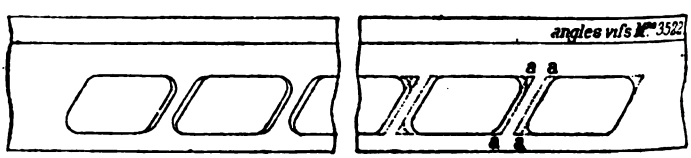
Les souches mâles doivent être en fonte.

Souches femelles. — L'usure des souches femelles est absolument nulle.

Cylindres distributeurs. — Les cylindres distributeurs dans lesquels se meuvent les tiroirs sont formés par des chemises en fonte rapportées, dont le remplacement serait facile s'il devenait utile. Après 5 000 000 de kilomètres de parcours une seule de ces chemises a dû être remplacée par suite de la rupture de 3 des petites nervures obliques des lumières *aa* (fig. 8). L'usure proprement dite est

Fig. 8.

Développement de la face extérieure de la chemise — Développement de la face intérieure de la chemise.



moindre encore que celle des tiroirs; pour des chemises ayant 100 000 kilomètres de parcours, elle n'est pas appréciable; il n'y a aucune tendance à ovalisation.

En résumé, la pratique a sanctionné toutes les indications données dans notre mémoire du 20 septembre 1883,

6. — GROUPE DE L'AUVERGNE.

1. — Département du Puy-de-Dôme.

de la Roche.

27 Décembre 1837).

OBSERVATIONS.

11

Indications Nénérales. — La présence du grisou n'avait jamais été constatee dans mine Saint-Eloi. On y employait exclusivent des lampes à feu nu.

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier a été légèrement brûlé par une flambée d'un gaz combustible — probablement du grisou — , qui se serait accumulé dans des anfractuosités existant au toit d'un chantier et qui, délogé ensuite par les remblais, serait venu s'allumer sur une lampe à feu nu accrochée à proximité.

Remarques particulières. — On avait, parait-il, déjà constaté précédemment la présence de gaz inflammable dans ce même chantier, mais rarement et toujours en petite quantité.

Cet accident ne rentre pas d'une manière certaine dans la catégorie des accidents de grisou.

Mesures prises à la suite de l'accident. — Les ouvriers du chantier ont été munis de lampes de sûreté.

Tous les chantiers sont visités depuis, chaque matin, avant l'arrivée des ouvriers, par un maître mineur muni d'une lampe de sûreté.

du Charbonnier.

22 Janvier 1823).

Indications générales. — L'aérage naturel était déterminé par deux puits, dont les orifices avaient 5m de différence de niveau. Le courant d'air était peu actif, surtout pendant les grandes chaleurs.

Circonstances de l'accident. — A la reprise du travail, le dimanche soir, un ouvrier avait été chargé de remblayer une galerie. Le chef de poste, en venant visiter le travail, posa sa lampe à feu nu au toit de la galerie et détermina une inflammation de grisou qui le brûla très grièvement, et l'ouvrier un peu moins. Le premier mourut le lendemain des suites de ses blessures.

Remarques particulières. — Les deux victimes ont affirmé n'avoir jamais vu de grisou dans le chantier.

L'accident a été attribué en partie à un défaut de surveillance de la part des exploitants.

Mesures prises à la suite de l'accident. — Le Directeur de la mine a été poursuivi judiciairement et condamné à une amende pour homicide par imprudence.

Un arrêté du préfet du Puy-de-Dôme a rendu obligatoire l'emploi exclusif de la lampe de sûreté dans les travaux de la mine et a prescrit l'acquisition par les exploitants d'appareils respiratoires de sauvetage.

Les exploitants ont été invités à produire un projet d'aménagement de l'aérage de la mine.

A. — MINES DE HOUI

1. — BASSIN DE BR

2. — Conces

(Instituée par déc

Nos d'ordre.	DATE de l'accident.	Lieu de l'accident.	NOMBRE d'ouvriers		OUVRIERS au fond.	PRODUCTION annuelle de la mine	CAUSES DE L'ACCIDENT		
							Causes directes		
			Tués.	Blessés.			de l'accumulation du gaz	de l'inflammation du gaz.	Cause indirect
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
						Tonnes.			
663	1880 6 Septembre.	Mine Saint-Éloi. — Couche du Centre. — Étage 14 bis.	»	1	297	59120	Anfractuosités existant au toit d'un chantier.	Lampe à feu nu.	Refoulem par les ren du gaz com ble sur une l à feu nu a chée à proxi

3. — Concession

(Instituée par décret du

664	1872 21 Juillet.	Puits Saint-Alexandre. — Étage de 196m. — Mine d'Anthracite.	1 Brûlé.	1 Brûlé.	?	?	Chômage de 12 heures dans une galerie en cul-de-sac, aérée seulement par diffusion.	Lampe à feu nu.	Défaut de su veillance de part des explo tants. Imprudence l'une des vic mes qui avait ét vé sa lampe à f nu au toit d chantier

— GROUPE DE L'AUVERGNE.

— Département du Puy-de-Dôme.

de la Roche.

7 Décembre 1837).

OBSERVATIONS.

11

Indications Nénérales. — La présence du grisou n'avait jamais été constatee dans mine Saint-Eloi. On y employait exclusivent des lampes à feu nu.

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier a été légèrement brûlé par une flambée d'un gaz combustible — probablement du grisou —, qui se serait accumulé dans des anfractuosités existant au toit d'un chantier et qui, délogé ensuite par les remblais, serait venu s'allumer sur une lampe à feu nu accrochée à proximité.

Remarques particulières. — On avait, parait-il, déjà constaté précédemment la présence de gaz inflammable dans ce même chantier, mais rarement et toujours en petite quantité.

Cet accident ne rentre pas d'une manière certaine dans la catégorie des accidents de grisou.

Mesures prises à la suite de l'accident. — Les ouvriers du chantier ont été munis de lampes de sûrete.

Tous les chantiers sont visités depuis, chaque matin, avant l'arrivée des ouvriers, par un maître mineur muni d'une lampe de sûreté.

du Charbonnier.

22 Janvier 1823).

Indications générales. — L'aérage naturel était determine par deux puits, dont les orifices avaient 5m de différence de niveau. Le courant d'air était peu actif, surtout pendant les grandes chaleurs.

Circonstances de l'accident. — A la reprise du travail, le dimanche soir, un ouvrier avait été chargé de remblayer une galerie. Le chef de poste, en venant visiter le travail, posa sa lampe à feu nu au toit de la galerie et détermina une inflammation de grisou qui le brûla très grièvement, et l'ouvrier un peu moins. Le premier mourut le lendemain des suites de ses blessures.

Remarques particulières. — Les deux victimes ont affirmé n'avoir jamais vu de grisou dans le chantier.

L'accident a été attribué en partie à un défaut de surveillance de la part des exploitants.

Mesures prises à la suite de l'accident. — Le Directeur de la mine a été poursuivi judiciairement et condamné à une amende pour homicide par imprudence.

Un arrêté du préfet du Puy-de-Dôme a rendu obligatoire l'emploi [illegible] de la lampe de sûreté dans les travaux de la mine [illegible] l'acquisition par les exploitants d'appareils respiratoires de sauvetage.

Les exploitants on[illegible] un projet d'aménagement de l'aérage de la mine.

Le nombre de tonnes kilométriques correspondant à une consommation de $75^k,033$ est de :

$$1\,000 \frac{75.033}{66.181} = 1\,134 \text{ tonnes kilométriques.}$$

Quelle conclusion peut-on déduire de ces données statistiques ?

Comme pour une consommation de :

$75^k,033$,

aux trains de voyageurs, on n'obtenait en 1882 que :

$1\,000^t$ kilométriques brutes,

tandis que l'on a obtenu en 1884 :

$1\,134^t$ kilométriques brutes,

On peut conclure que l'augmentation du travail utile en 1884 a été de :

13,4 p. 100,

pour une même dépense de combustible.

En 1882, toutes les machines du dépôt de Saintes étaient à tiroirs plans ; en 1884, 30 sur 40 étaient munies de tiroirs cylindriques : on est à l'abri de toute exagération, en admettant que l'augmentation de travail produit aurait atteint 16 p. 100 au lieu de 13 p. 100 si la transformation avait été générale.

Amélioration de l'adhérence. — L'expérience nous a fait découvrir un avantage particulier aux tiroirs cylindriques, c'est l'amélioration du coefficient d'adhérence : les machines à tiroirs cylindriques du réseau de l'État ne patinent jamais au démarrage, tandis que les machines du même type, mais à tiroirs plans, patinent fréquemment. C'est surtout lorsque le rail est gras dans les gares, ou lorsque le train est lourd, qu'on voit les roues motrices de ces dernières machines tourner sur place, et le train se

déplacer difficilement et d'une manière saccadée. Avec les machines à tiroirs cylindriques le démarrage se fait franchement et le train parcourt un espace égal au développement des roues motrices.

L'explication de cette amélioration inattendue est très simple.

Voici comment on évalue, d'ordinaire, le coefficient d'adhérence des machines locomotives :

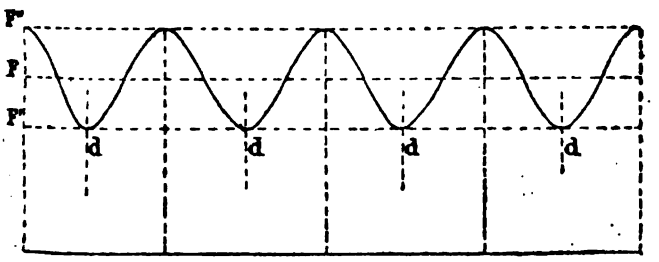
Soit F, l'effort de traction à la jante, et P, le poids adhérent, on donne comme résultat d'expérience pour la limite de F à laquelle le patinage est à craindre :

$$F = \frac{P}{7}.$$

F est la valeur moyenne de l'effort à la jante, pour un tour de roue.

Si l'on représente graphiquement les valeurs variables de F, en prenant pour abscisses les espaces parcourus, on obtient une courbe de forme sinusoïdale où les points minima se trouvent vers le passage au point mort des pistons (fig. 9).

F . 9.



Échelle des hauteurs 1m/m pour 300k

Soit pour une admission donnée
F', l'effort minimum, et F'' l'effort maximum,
On a très approximativement :

$$F = \frac{F' + F''}{2}.$$

La valeur $F = \frac{P}{7}$ a été considérée par erreur comme étant indépendante de la distribution de la machine.

La véritable valeur de la limite de l'adhérence est :

$$F'' = \frac{P}{4}.$$

Les expériences faites sur les freins ont en effet démontré que le frottement aux faibles vitesses a pour limite le $\frac{1}{4}$ environ de la pression.

Dès que l'on a $F'' > \frac{P}{4}$ le patinage se produit dans les conditions habituelles du rail.

On comprend, dès lors, que si l'on parvenait à diminuer l'écart entre les valeurs minima F' et maxima F'', pour une même valeur moyenne de F, le patinage ne se produirait que pour des valeurs de F se rapprochant de plus en plus de la valeur $\frac{P}{4}$.

Or, c'est précisément ce qui a lieu avec les machines à tiroirs cylindriques : si l'on se reporte, en effet, au diagramme des valeurs de F (fig. 9), on reconnaît que les dépressions *d*, *d*, *d*, correspondent au moment où le travail résistant des tiroirs est maximum.

Ce travail résistant, très considérable avec les tiroirs ordinaires, est très faible avec les tiroirs cylindriques. Il résulte de là, que dans ce dernier cas, l'écart entre F' et F'' diminue, et par suite que la valeur moyenne de l'effort à la jante, correspondant à la limite du patinage, se rapproche de :

$$\frac{P}{4}.$$

L'expérience démontre qu'avec un poids adhérent de

24 tonnes, les machines à tiroirs cylindriques remorquent normalement une charge de 180 tonnes sur les longues rampes de 15 millimètres. Le poids de la machine et du tender étant de 50 tonnes, le poids total du train est de 230 tonnes. En comptant sur une résistance moyenne de 5 kilogrammes par tonne de train, indépendamment de la composante de la pesanteur, l'effort F à la jante, a pour valeur moyenne :

$$20 \times 230 = 4.600$$

pour un poids adhérent de 24 tonnes.

On en déduit :

$$\frac{F}{P} = \frac{4.600}{24.000} = \frac{1}{5,2}.$$

Or, avec les machines à tiroirs plans ordinaires, ce rapport ne dépasse pas en moyenne $\frac{1}{7}$.

Ce recul des limites de l'adhérence a puissamment concouru à faciliter l'augmentation des *charges* sur les sections à fortes rampes.

CHAPITRE II.

ÉCRANS RÉFRACTAIRES. — SURFACES DE MOINDRE RÉSISTANCE.

Modifications diverses des locomotives. — Nous avons énuméré dans le chapitre Ier les avantages résultant de l'application de soupapes de rentrée d'air et de tiroirs cylindriques. Les améliorations réalisées se rattachent au fonctionnement intérieur des organes de la machine, au passage de l'air ou de la vapeur dans les cylindres et les boîtes de distribution, c'est à proprement parler le *rendement du kilogramme de vapeur* qui est augmenté. C'est dans le

même ordre d'idées que des essais se poursuivent actuellement en France, en Angleterre, en Allemagne, en Russie, pour appliquer le système *Compound* aux machines locomotives et obtenir ainsi une plus complète utilisation de la vapeur.

Des améliorations basées sur un ordre d'idées tout différent ont été successivement entrevues ou tentées. Ainsi, par des procédés divers on a cherché à rendre la combustion plus complète, c'est-à-dire à obtenir avec le même poids de charbon une production de vapeur plus abondante : on a cherché aussi à reprendre à la vapeur d'échappement une partie de la chaleur perdue.

La locomotive est certainement loin d'être arrivée à la perfection qu'on lui suppose généralement.

Beaucoup de recherches fructueuses restent à faire.

Parmi les modifications nouvelles ayant une importance considérable pour l'abaissement du prix de revient de la traction, il y en a deux qui méritent une mention spéciale :

L'une est l'application d'écrans réfractaires dans les foyers des machines, c'est une imitation de ce qui se fait d'une manière générale en Angleterre et aux États-Unis.

L'autre est la substitution de surfaces de moindre résistance aux faces normales au vent que présentent les locomotives. C'est sur le réseau de l'État que cette disposition a été appliquée pour la première fois.

1° *Écrans réfractaires.* — Le foyer d'une machine est une caisse cubique entourée d'eau, dont le fond est fermé par la grille qui porte le charbon incandescent : la face avant, ou plaque tubulaire, livre passage aux gaz chauds de la combustion. La flamme est en contact avec des parois relativement froides, la combustion est incomplète et il se forme de l'oxyde de carbone en quantité considérable : de là, une perte de calories que les évaluations les plus modérées n'estiment pas à moins de 10 p. 100.

En interposant un écran en briques réfractaires appuyé contre la paroi avant du foyer (fig. 10 et 11, Pl. I; fig. 1, Pl. II), la combustion devient plus complète : ces briques atteignent, en effet, une température très élevée, (rouge orange), et les gaz du foyer en les léchant passent au maximum d'oxydation.

L'écran offre un autre avantage : il protège la plaque tubulaire contre l'accès direct de l'air froid qui se précipite dans le foyer à chaque ouverture de la porte; aussi les écrans en briques réfractaires se trouvent, pour ainsi dire, dans toutes les machines en Angleterre et aux États-Unis.

Voûte anglaise. — En Angleterre, l'écran réfractaire a la forme d'une voûte appuyée sur deux cornières (fig. 10, Pl. I) aux flancs latéraux du foyer.

Écran des États-Unis. — Aux États-Unis, la disposition est toute différente, l'écran réfractaire est formé de briques plates appuyées sur des tubes à circulation d'eau, comme l'indique la figure 11 planche I.

Écran en V, *du réseau de l'État.* — Dans la disposition adoptée sur le réseau de l'Etat (fig. 1, Pl. II) les briques sont appuyées sur des tubes à eau, comme aux États-Unis; mais au lieu de se trouver dans un même plan, elles forment une sorte de V, qui partage le foyer en deux compartiments : la forme en V de l'écran a pour but de diriger en partie la flamme contre les parois latérales : un espace libre de 60 millimètres est laissé entre ces parois et les briques pour le passage de la flamme. L'écran beaucoup plus haut qu'aux États-Unis cache totalement la plaque tubulaire, et s'élève jusqu'à 150 millimètres du ciel du foyer. Les attaches des tubes avec les plaques du foyer forment le point délicat. Nous donnons le dessin de ces attaches que l'inspection de la figure fait comprendre.

Chaque tube est muni d'un tampon spécial de lavage (fig. 2, Pl. II).

Des expériences, faites avec le plus grand soin sur le réseau de l'État, ont établi les faits suivants :

Entraînement du combustible dans la boîte à fumée. — Pour une machine ordinaire à voyageurs de la série 2000, le combustible entraîné à travers la tubulure dans la boîte à fumée est, pour 1000 kilomètres, de 1142 litres.

Pour une machine du même type et faisant le même service, après application de l'écran réfractaire, l'entraînement est réduit à 320 litres.

L'usure des tubulures et de la boîte à fumée est en rapport direct avec le volume du combustible entraîné; or on voit que cet entraînement est diminué de plus des deux tiers.

L'écran formé par les briques protège la plaque tubulaire contre l'accès direct de l'air froid d'*une manière beaucoup plus efficace que dans la disposition anglaise :* c'est un point important pour la conservation de l'étanchéité des joints des tubes.

Économie de combustible. — L'analyse du combustible entraîné a donné les résultats suivants :

Carbone pur.	71	100
Matières volatiles.	5	
Cendres.	24	
Carbone équivalent.	83 (*)	
Densité.	0,43.	

En passant du volume au poids, on trouve que l'entraînement pour 1000 kilomètres est de :

(1142 litres × 0,43) = 491 kilogrammes (sans écran)

et de

(*) Le carbone équivalent a été déterminé expérimentalement par le procédé Berthier.

320 litres × 0,43) = 138 kilogrammes (avec écran réfractaire),

soit une différence en moins de 353 kilogrammes.

Économie de combustible : 353 kilogrammes correspondant à (353 kilogrammes × 0,83) ou 293 kilogrammes de carbone pur, soit en nombre rond 311 kilogrammes à 6 o/o de cendres, valant 22f,50 la tonne, soit en argent 7 francs d'économie par 1 000 kilomètres.

Une machine à voyageurs fait 50 000 kilomètres par an.

L'économie de combustible due à l'écran réfractaire étant de 7 francs par 1 000 kilomètres parcourus, l'économie *annuelle* sera

$$7^f \times 50 = 350 \text{ francs.}$$

C'est plus que la valeur de l'écran dont la dépense en place ne dépasse pas 250 francs.

Augmentation de la puissance de vaporisation. — Cet écran repose sur 6 tubes en acier qui sont directement soumis au coup de feu, et dans lesquels s'établit une circulation d'eau active : la surface de chauffe directe du foyer est augmentée de 10 p. 100; il en est à peu près de même de la puissance de vaporisation. C'est une amélioration considérable pour les machines à voyageurs du réseau de l'État : sans l'écran réfractaire la production de ces machines à petits foyers est insuffisante pour les trains de grande vitesse, dont les charges vont sans cesse en croissant.

Enfin, grâce à la température très élevée maintenue dans le foyer par les briques réfractaires chauffées au rouge orange, la combustion est complète ; il ne reste plus de noir de fumee, et l'écran constitue ainsi le plus efficace et le plus économique de tous les appareils fumivores.

2° *Surfaces de moindre résistance.* — Nous avons donné dans notre mémoire du 20 septembre 1883 la formule de la résistance par tonne R de l'ensemble d'une machine avec son tender en fonction du travail indiqué, résistance

due aux frottements intérieurs, à la voie, à la résistance de l'air.

Si nous désignons par E le travail indiqué ramené au mètre de parcours sur la voie ;

Par R la résistance cherchée (exprimée en kilogrammes) ;

Par V la vitesse de la machine en kilomètres par heure ; nous avons pour nos machines à voyageurs (avec tiroirs plans) à 4 roues couplées de $2^m,010$ de diamètre

$$R = 2 + \frac{3,5E}{1000} + \left(\frac{V}{20}\right)^2 \text{ (A)}$$

et pour les mêmes machines munies de tiroirs cylindriques

$$R = 1,8 + \frac{2E}{1000} + \left(\frac{V}{20}\right)^2 \text{ (B)}.$$

Il résulte du rapprochement de ces formules que pour un même travail indiqué, le travail utile est plus élevé pour la machine à tiroirs cylindriques et que la différence dépasse 7,5 p. 100 du travail indiqué.

Lorsque la vitesse devient considérable, la valeur de E diminue et le terme dominant dans l'expression de R est $\left(\frac{V}{20}\right)^2$. Ce terme est dû presque en entier à la résistance de l'air contre les surfaces de la machine qui frappent l'air normalement. Voici sous quelle forme très simple cette résistance de l'air a été déterminée sur une machine à voyageurs n° 2071.

Balances mesurant la résistance de l'air. — A droite et à gauche de l'abri du mécanicien nous avons fait installer deux balances identiques offrant à l'air un petit plateau de 1 décimètre carré, comme on le voit par les figures 12 et 13 de la planche I.

Un parallélogramme articulé *abcd* maintient vertical le plateau *pp* dans toutes ses positions. Un ressort à boudin *rr* fait équilibre à la pression exercée sur le plateau,

et une aiguille indicatrice *ii* fait connaître la pression exercée sur le plateau. Les balances ont été graduées à l'aide de pesées directes, un frein à huile *gg* amortit les vibrations.

Lorsqu'il y a absence de vent, les deux balances marquent exactement la même résistance : cette résistance varie suivant la loi du carré des vitesses, elle est de 49 kilogrammes par mètre carré à la vitesse de 70 kilomètres.

D'après la formule (B), à la vitesse de 70 kilomètres, la résistance de la machine et du tender (pesant ensemble 50 tonnes) est égale à

$$50\left(1{,}8+\frac{2E}{1000}+\left(\frac{V}{20}\right)^2\right)=90\text{ kil.}+\frac{E}{10}+50\left(\frac{V}{20}\right)^2.$$

Le terme $50\left(\frac{V}{20}\right)^2$ pour $V=70$ devient :

$$\frac{49\times 50}{4}=612^k{,}50.$$

On voit que ce terme est équivalent à la résistance que présenterait une surface de 12,5 mètres carrés normale au vent d'après les indications données par les balances à air. Or, si l'on fait la somme des surfaces de la machine et du tender perpendiculaires à la marche en tenant compte des rais des roues, on trouve une surface qui est bien près de 12,5 mètres carrés.

Il est donc établi que dans l'expression de R (formules A et B) le terme $\left(\frac{V}{20}\right)^2$ est étroitement lié à la résistance de l'air dont il fournit en quelque sorte l'exacte évaluation.

L'ensemble des expériences faites depuis Dubuat sur la résistance de l'air a été discuté d'une manière très lumineuse par Poncelet. D'après ce grand mécanicien, on peut exprimer approximativement la résistance en kilogrammes par mètre carré de section normale au mouvement par la formule très simple :

$$k\left(\frac{w}{4}\right)^2$$

w étant la vitesse en mètres par seconde, et k étant un coefficient variable avec la forme du corps.

(Pour des parois planes normales à la marche, la valeur de k s'éloigne peu de 2.00 : c'est la valeur que donne la balance à air de la machine n° 2071.)

Lorsqu'à des parois planes normales à la marche, on substitue à l'avant des surfaces convenablement inclinées, la valeur de ce coefficient k peut être pratiquement réduite de plus de moitié.

La réduction est plus considérable encore lorsqu'on fait disparaître les solutions de continuité existant entre les rais des roues.

Nous avons fait construire une série de cônes de hauteurs variables (fig. 13, Pl. I) ayant pour base le plateau de la balance à air, et nous les avons successivement expérimentés : l'une des balances était munie d'un cône tandis que l'autre était libre ; la résistance diminue à mesure que la hauteur des cônes augmente, jusqu'à ce qu'on arrive à un cône ayant pour hauteur les $\frac{4}{3}$ du rayon de la base. Pour des cônes plus aigus, la réduction supplémentaire est négligeable.

Plans inclinés à raison de 3 *de base pour* 4 *de hauteur.* — Partant de cette observation, nous avons substitué à toutes les surfaces normales à la marche des plans inclinés à raison de 3 de base pour 4 de hauteur, comme cela est indiqué sur les figures 1, 2, 3 et 4 de la planche III.

Les intervalles des rais ont été remplis par des plateaux en bois (fig. 5, Pl. III). La cheminée et le grand dôme ont été reliés par des surfaces continues.

Dans ces nouvelles conditions, le terme dû à la résis-

nce de l'air a diminué de moitié et la formule (B) s'est transformée dans la suivante :

$$R = 1,8 + \frac{2E}{1000} + \frac{1}{2}\left(\frac{V}{20}\right)^2 \quad (B').$$

Augmentation du travail utile. — Or, voici la conséquence de cette modification au point de vue du rendement en travail utile :

L'augmentation en travail utile est égale à la diminution du travail résistant opposé par l'air : pour un même travail indiqué E, par mètre courant, la diminution des résistances passives à la vitesse V est, d'après les formules (B) et (B'), pour l'appareil moteur (machine et tender pesant 50 tonnes) :

$$50 \times \frac{1}{2}\left(\frac{V}{20}\right)^2$$

le travail correspondant en tonnes-mètres par heure, a pour valeur :

$$50 \times \frac{1}{2}\left(\frac{V}{20}\right)^2 V,$$

Ce travail transformé en chevaux-vapeur devient :

$$\frac{50}{270} \times \frac{1}{2}\left(\frac{V}{20}\right)^2 V,$$

Pour V = 70 kilomètres, on obtient :

79 chevaux-vapeur.

Or, le travail maximum indiqué, que la machine peut produire, est d'environ :

600 chevaux-vapeur;

l'augmentation de rendement en travail utile est, par suite, de :

$$\frac{79}{600} \text{ ou } 13 \text{ o/o}.$$

Économie de combustible. — L'économie de combustible peut être établie d'une manière très simple. Pour un même travail indiqué, la dépense de combustible est la même, soit que la machine travaille à battre l'air, soit qu'elle traverse cet air avec une moindre résistance et reporte sur les charges remorquées le travail économisé.

Le travail indiqué étant de 600 chevaux, on a :

$$\frac{EV}{270} = 600;$$

le travail absorbé par les résistances passives du moteur (machine et tender pesant 50 tonnes), pour une machine à tiroirs cylindriques ordinaire, c'est-à-dire dont les formes extérieures n'ont pas été modifiées, est donné par la formule:

$$50\left(1{,}8 + \frac{2E}{1000} + \left(\frac{V}{20}\right)^2\right)\frac{V}{270} =$$

$$50\left(1{,}8\frac{V}{270} + \frac{2}{1000}\times 600 + \left(\frac{V}{20}\right)^2\frac{V}{270}\right) = 60 + \frac{V}{3} + \frac{5V}{27}\left(\frac{V}{20}\right)^2.$$

La différence entre le travail moteur et le travail perdu est égale, en chevaux-vapeur, à :

$$600 - 60 - \frac{V}{3} - 5\left(\frac{V}{20}\right)^2\frac{V}{27} = 540 - \frac{V}{3} - \frac{5V}{27}\left(\frac{V}{20}\right)^2 = n.$$

Pour une machine à tiroirs cylindriques transformée, c'est-à-dire munie de surfaces fuyantes, le travail absorbé par les résistances passives est égal à :

$$60 + \frac{V}{3} + \frac{5}{2}\left(\frac{V}{20}\right)^2\frac{V}{27};$$

en le retranchant du travail moteur il reste en chevaux-vapeur utiles :

$$540 - \frac{V}{3} - \frac{5V}{2\times 27}\left(\frac{V}{20}\right)^2 = N.$$

La dépense de combustible est la même dans les deux cas. Soit C cette dépense :

La dépense de combustible par cheval-vapeur utile sera dans le

$$1^{er} \text{ cas : } \frac{C}{n},$$

et dans le

$$2^{e} \text{ cas : } \frac{C}{N}.$$

L'économie par cheval-vapeur utile due à l'emploi des formes extérieures rationnelles sera :

$$\frac{C}{n} - \frac{C}{N},$$

et l'économie proportionnelle sera :

$$\frac{\frac{C}{n} - \frac{C}{N}}{\frac{C}{n}} = 1 - \frac{n}{N} = \frac{\frac{5V}{54}\left(\frac{V}{20}\right)^2}{540 - \frac{V}{3} - \frac{5V}{54}\left(\frac{V}{20}\right)}$$

Pour $V = 70$, ce rapport devient :

$$\frac{79}{434} \text{ ou } 18 \text{ p. } 100;$$

Pour $V = 60$, le rapport se réduit à :

$$\frac{5}{47} \text{ ou environ } 10 \text{ p. } 100$$

Vérification expérimentale. — L'expérience directe a vérifié ces évaluations :

Cinq machines à tiroirs cylindriques provenant toutes de la même fourniture (Creusot 1883) et portant les numéros 2069, 2070, 2071, 2072, 2073 ont été maintenues dans un même roulement sur des lignes à rampes de 10 à 15 millimètres pendant une période de treize mois.

La machine n° 2071 qui servait de terme de comparaison avec les quatre autres ne différait de celles-ci que parce qu'elle était munie de surfaces de moindre résistance.

Voici les chiffres de consommation relevés sur les états récapitulatifs mensuels :

MOIS	COMBUSTIBLE CONSOMMÉ par 1000 tonnes kilométriques MACHINES				
	2069	2070	2071	2072	2073
1884					
Juin	68,1	66,0	57,2	67,3	65,0
Juillet	62,8	72,1	57,6	71,9	66,9
Août	63,0	70,0	58,0	»	68,6
Septembre	63,1	63,2	55,9	72,4	67,5
Octobre	64,9	71,3	64,9	81,1	74,1
Novembre	72,5	78,7	61,2	71,9	75,5
Décembre	68,9	72,4	73,0	78,3	76,9
1885					
Janvier	74,9	76,7	67,7	80,5	79,9
Février	80,2	76,7	70,6	75,0	78,4
Mars	77,0	79,0	73,0	72,1	86,7
Avril	70,0	75,5	69,5	72,2	79,7
Mai	75,2	77,6	49,7	73,4	77,7
Juin	70,1	60,2	63,1	72,4	56,2
Moyennes	70,4	72,6	63,3	73,5	71,5

On voit que la machine 2071 a réalisé par tonne kilométrique une économie de 10 p. 100 par rapport à la machine la plus favorisée et de 12 p. 100 par rapport à l'ensemble.

Le roulement des machines correspondait à des trains à arrêts fréquents : la même comparaison appliquée à des trains express ferait nécessairement ressortir une économie plus grande en faveur de la machine transformée.

Le progrès réalisé dans l'industrie des chemins de fer par la modification des formes extérieures des machines est comparable à celui qui a été réalisé dans la marine en substituant les formes fines des bateaux à vapeur aux formes lourdes des anciens bateaux à voiles.

En faisant ce rapprochement, nous voulons reporter sur notre excellent collaborateur M. Desdouits, Ingénieur des constructions navales, la plus large part de l'initiative dans les recherches, de l'observation pendant les expériences, et du succès dans les résultats.

Résistance des véhicules par tonne. Continuité des parois. — Dans notre mémoire du 20 septembre 1883, nous avons donné pour résistance par tonne de véhicule remorqué la formule très simple :

$$2+\frac{V}{40}.$$

Cette formule suppose un temps calme et des véhicules de forme constante. Cette formule est inapplicable par vent de travers : or, voici comment s'explique très simplement l'énorme résistance que les vents de travers violents apportent à la marche des trains.

La pression du vent sur les caisses a très peu d'influence, mais les caisses successives laissent entre elles des intervalles de 1 mètre environ. Le vent de travers s'engage dans ces larges couloirs avec sa vitesse propre, et le poids d'air ainsi engagé prend aussitôt une vitesse nouvelle dans le sens du train. La puissance vive communiquée à la masse d'air incessamment renouvelée dans l'espace libre entre les véhicules occasionne une dépense de travail considérable. On peut supprimer presque totalement cette cause de résistance en établissant la continuité des parois latérales. L'expérience démontre que cette continuité n'a pas besoin d'être absolue, et qu'il suffit de réduire à $0^m,20$ environ les espaces libres entre les voitures successives pour arrêter presque totalement le passage de l'air.

La solution est alors extrêmement simple : il suffit de réduire la course des tampons à $0^m,08$ et de prolonger les faces latérales des caisses par des panneaux en tôle venant à $0^m,01$ près à l'aplomb des tampons au moment

où ceux-ci sont à fond de course, comme l'indique la figure 3 de la planche II. Dans ces conditions, en marche normale, les ouvertures par lesquelles l'air peut s'engager sont réduites à $0^m,18$, et l'influence des vents de travers est presque totalement supprimée.

Lorsqu'un train composé de véhicules de même forme est disposé comme nous venons de l'indiquer, la continuité des parois étant établie, et la machine étant munie de surfaces de moindre résistance, l'influence du vent sur les véhicules remorqués est négligeable, et l'avantage réalisé par la modification des formes de la machine est d'autant plus considérable que le vent contraire à la marche souffle avec plus de violence.

CHAPITRE III.

INFLUENCE DES MODIFICATIONS DES MACHINES SUR LES DÉPENSES DE TRACTION.

Après les développements dans lesquels nous venons d'entrer, il est naturel de se demander quelles sont les économies réalisées sur le réseau de l'État depuis la modification des machines.

La mesure des améliorations réalisées doit être donnée en quelque sorte par la proportion dans laquelle les frais d'exploitation ont diminué.

L'examen isolé de chacune des modifications décrites dans les deux chapitres qui précèdent, a donné au point de vue technique une réponse qui peut paraître péremptoire. Nous nous attacherons dans le présent chapitre à faire ressortir d'une manière nette, claire et précise, l'abaissement considérable des prix de revient de la traction sur le réseau de l'État depuis que les machines ont été modifiées, en introduisant le moins possible les considéra-

tions d'ordre technique. La comptabilité viendra ainsi confirmer dans leur ensemble les résultats prévus par la théorie et vérifiés par l'expérience directe.

Travail produit en 1884 *et dépenses constatées.* — Voici les faits constatés pour l'exercice 1884.

Le travail consiste en :

6.234.843 kilomètres de trains de voyageurs.
1.935.323 — — de marchandises.

Ces trains ont remorqué, les premiers :

657.597.772 tonnes de poids brut à 1 kilomètre

les seconds :

541.402.054 tonnes de poids brut à 1 kilomètre.

Les prix de revient ont été les suivants :

1062f,08 par 1000 kilomètres de trains de marchandises.
574f,10 — — de voyageurs.

La charge moyenne remorquée par ces trains a été de :

279t,75 pour les premiers,

et de :

105t,47 pour les seconds.

Il en résulte que le transport de 1000 tonnes de poids brut à 1 kilomètre a coûté :

$$\frac{1062,08}{279,75} = 3^f,79 \text{ pour les trains de marchandises.}$$

$$\frac{574,10}{105,47} = 5^f,44 \text{ pour les trains de voyageurs.}$$

La dépense de l'exercice 1884 s'est élevée en totalité à :

5.635.174f,30.

Évaluation des économies réalisées. — Deux questions importantes se présentent naturellement à l'esprit. Les voici :

Pour produire le même travail, c'est-à-dire pour transporter les mêmes nombres de tonnes kilométriques :

1re *question. — Quelle aurait été la dépense de traction sur les grands réseaux français?*

2e *question. — Quelle aurait été la dépense sur le réseau même de l'État*, si aucune modification n'avait été introduite dans la constitution de ce réseau, et aucune amélioration dans le travail utile des machines?

Les réponses à ces deux questions permettront de comparer, au point de vue de la traction, le réseau de l'État avec les grands réseaux français, et elles donneront la mesure des progrès accomplis et des économies réalisées par suite des modifications introduites dans les machines.

La marche la plus simple à suivre dans cette recherche nous paraît être de rapprocher et d'examiner successivement les prix de revient du transport de 1000 tonnes brutes à 1 kilomètre d'une part, sur les divers réseaux français, pendant l'exercice 1883 (dernier exercice clos) et d'autre part, sur le réseau de l'État, pendant l'exercice 1882.

Nous choisissons l'exercice 1882 sur le réseau de l'État, parce qu'en 1882 toutes les machines de ce réseau, sauf deux, étaient semblables à celles des autres réseaux. L'exercice 1883 marque la période de transformation du matériel; les prix de revient de l'exercice 1884, mis en regard des précédents, permettront d'apprécier les résultats obtenus.

Considérations préliminaires. — Avant de procéder à ce rapprochement et à cet examen comparatif, il est utile d'avoir présentes à l'esprit quelques considérations préliminaires sur la signification des prix de revient.

Distinction à établir entre les trains de marchandises et les trains de voyageurs. — Les machines à marchandises produisent aujourd'hui, *par heure*, un travail moteur presque aussi élevé que les machines à voyageurs : or, celles-ci parcourent la voie avec une vitesse moyenne à peu près double, il en résulte que le prix de revient du kilomètre de train de marchandises est beaucoup plus élevé que le prix de revient du kilomètre de train de voyageurs. Nous citerons quelques exemples qui permettront d'apprécier l'écart.

Voici pour l'année 1883 le prix détaillé des trains de voyageurs et des trains de marchandises, et de l'ensemble de tous les trains sur le réseau de Paris à Lyon et à la Méditerranée d'après les relevés de la comptabilité de la dite année :

	TRAINS DE		ENSEMBLE de tous les trains
	VOYAGEURS	MARCHANDISES	
Service central de l'Ingénieur en chef. . . .	5,70	10,50	7,50(1)
Comptabilité de l'Ingénieur en chef.	3,70	6,60	4,8
Réparation du matériel.	314,00	601,80	456,6
Traction..	484,00	847,70	645,5
TOTAUX. . .	807,40	1466,60	1114,4

(1) Si l'on désigne par n le nombre de kilomètres de trains de voyageurs, par n' le nombre de kilomètres de trains de marchandises, on a la relation :

$$7,5 = \frac{5,70\,n + 10,50\,n'}{n + n'}.$$

Le rapport des deux prix de revient est :

$$\frac{1466,6}{807,40} = 1,816.$$

Pour le réseau de l'État (exercices 1882 et 1884), nous

avons séparé les dépenses des trains de voyageurs et celles des trains de marchandises.

Nous donnons ci-après le relevé de ces dépenses groupées de la même manière que ci-dessus pour le réseau P.-L.-M..

	TRAINS DE				ENSEMBLE de tous les trains	
	VOYAGEURS		MARCHANDISES			
	1882	1884	1882	1884	1882	1884
Service central de l'Ingénieur en chef. . . .	5,13	5,73	8,59	10,64	6,11	6,93
Comptabilité de l'Ingénieur en chef..	3,09	4,07	5,15	7,53	3,66	4,89
Réparation du matériel.	199,57	184,00	352,13	366,98	241,54	225,25
Traction..	362,86	380,30	586,25	676,93	424,43	451,65
TOTAUX. . .	570,65	574,10	952,12	1062,08	675,74	688,72

Le rapport des deux prix de revient (trains de marchandises et trains de voyageurs) est, pour l'année 1882 :

$$\frac{952,12}{570,65} = 1,669.$$

et pour l'année 1884 :

$$\frac{1062,08}{574,10} = 1,849.$$

Pour le réseau d'Orléans, nous verrons plus loin que ce rapport peut être évalué à :

$$1,938.$$

Il résulte de là que l'écart est considérable et dépasse, en moyenne, 80 p. 100.

Les prix de revient des trains de voyageurs et des trains de marchandises, formant des unités essentiellement dis-

tinctes, il est aisé de comprendre combien il serait irrationnel de comparer en bloc le prix de revient moyen de 1000 kilomètres de trains sur divers réseaux, sans tenir compte de la proportion existant entre les trains de chaque espèce. La comparaison doit porter séparément sur les trains de voyageurs et sur les trains de marchandises.

Influence de la composition des trains. — Il ne suffit pas d'examiner séparément les prix de revient des trains de voyageurs et des trains de marchandises, il faut encore pour les uns et pour les autres faire intervenir le nombre de véhicules dont ils se composent; citons un exemple :

Le prix de 1000 kilomètres de trains de marchandises est de :

929 francs sur le réseau de l'Ouest,

et de :

1467 francs sur le réseau P. L. M.

Un examen superficiel pourrait faire croire que sur le réseau de l'Ouest, la traction est plus économique que sur le réseau P.-L.-M., la différence entre les prix des trains est en effet de :

$1467^f - 929^f = 538^f$ en faveur de la Compagnie de l'Ouest.

c'est une réduction de plus de 36 p. 100.

Est-ce une économie réelle ?

Ceci exige un examen plus approfondi. Il y a train et train.

Le train P.-L.-M. se compose de 41 véhicules, le train de l'Ouest de 19 véhicules, de sorte que le transport d'un véhicule à 1000 kilomètres coûte :

sur le P. L. M. $\frac{1467}{41} = 36^f$ environ,

et sur l'Ouest $\frac{929}{19} = 48^f$ —

Le bénéfice en faveur du P.-L.-M. est de :

$$\frac{48-36}{48}=\frac{12}{48}=25\ \%.$$

Qu'importe-t-il plus de réduire le prix du kilomètre de train ou le prix du kilomètre de wagon?

La réponse est évidente : c'est le prix du kilomètre de wagon.

Avantages économiques des trains lourds pour un même trafic total. — Nous disons plus : aussi longtemps que ce dernier prix n'augmente pas, il y a intérêt à faire croître la charge des trains et, par suite, le prix du kilomètre de train. En effet, en agissant ainsi, pour un même trafic on aura un nombre de trains moindre et, par suite, une économie pour le service des gares et pour la surveillance de la voie.

En un mot, l'objectif d'un service de traction doit être d'effectuer les mêmes transports au même prix total avec le plus petit nombre de trains. Il en résulte, qu'en général, les résultats seront d'autant meilleurs au point de vue économique, que la dépense de traction par kilomètre de train sera plus élevée ; ce qui limite cette dépense par kilomètre de train, c'est la puissance des machines et l'influence des rampes.

Rampes caractéristiques. — Un réseau peut être partagé en groupes de lignes (A, B, C, D...) sur lesquelles les charges qui doivent être remorquées par les machines à marchandises, soient à peu près les mêmes pour chaque groupe.

Ainsi, sur un groupe A de lignes avec rampes et pentes de 5 à 8 millimètres, la charge des trains de marchandises est de 386 tonnes pour des machines de 36 tonnes de poids adhérent.

Sur un groupe B de lignes avec rampes de 8 à 12 millimètres, elle est de 315 tonnes.

Sur un groupe C de lignes avec rampes de 12 à 16 millimètres, elle est de 214 tonnes, etc.

Les rampes continues sur lesquelles les mêmes machines pourraient remorquer les mêmes charges à la vitesse de 25 kilomètres sont les suivantes :

Pour le groupe	A	$6^{mm},5$,
—	B	$8^{mm},7$
—	C	13^{mm}.

Ces rampes caractérisent les divers groupes de lignes A, B, C, au point de vue des charges des trains : on peut les désigner sous le nom de *rampes caractéristiques* des groupes auxquels elles correspondent.

Influence des rampes caractéristiques sur les trains de marchandises. — En exigeant des machines le même travail moteur, le prix de revient du kilomètre de train diminue à mesure que la rampe augmente, mais il n'en est pas de même du prix de revient de la tonne kilométrique qui augmente au contraire à mesure que la rampe caractéristique devient plus forte.

Si l'on désigne : par p le prix de revient de 1000 tonnes kilométriques de poids brut ;

Par ρ la rampe carastéristique d'un groupe de lignes, on a la relation empirique :

$$p = 1^f,25 + 0,35\,\rho$$

pour les réseaux français qui réalisent les prix de revient les plus bas, le prix des combustibles à 6 p. 100 de cendres étant supposé égal à $22^f,50$ par tonne chargée sur le tender (*).

Si l'on désigne par :

$$n_a,\ n_b,\ n_c,\ \text{etc.}$$

le nombre de tonnes kilométriques brutes remorquées par

(*) Voir l'appendice, p. 160.

les trains de marchandises sur les groupes de lignes A, B, C, etc..., ayant pour rampes caractéristiques :

$$\rho_a, \rho_b, \rho_c, \text{ etc.}$$

par

$$p_a, p_b, p_c, \text{ etc., les prix de revient}$$

par 1000 tonnes kilométriques,
nous aurons d'une manière évidente pour l'ensemble d'un réseau composé des groupes de lignes A, B, C, etc.

$$n_a p_a = 1{,}25\, n_a + 0{,}35\, \rho_a n_a,$$
$$n_b p_b = 1{,}25\, n_b + 0{,}35\, \rho_b n_b,$$
$$n_c, p_c = 1{,}25\, n_c + 0{,}35\, \rho_c n_c.$$

En additionnant toutes ces égalités on aura :

$$n_a p_a + n_b p_b + n_c p_c + \ldots = 1{,}25\,(n_a + n_b + n_c + \ldots$$
$$+ 0{,}35\,(\rho_a n_a + \rho_b n_b + \rho_c n_c + \ldots),$$

ou

$$\frac{n_a p_a + n_b p_b + n_c p_c + \ldots}{n_a + n_b + n_c + \ldots} = 1{,}25 + 0{,}35\, \frac{n_a \rho_a + n_b \rho_b + n_c \rho_c + \ldots}{n_a + n_b + n_c + \ldots}$$

Le premier membre n'est autre chose que le prix de revient moyen de 1000 tonnes kilométriques, pour l'ensemble du réseau.

L'expression

$$\text{(A)} \qquad \frac{n_a \rho_a + n_b \rho_b + n_c \rho_c + \ldots}{n_a + n_b + n_c + \ldots}$$

représente la *rampe caractéristique* moyenne d un réseau en tenant compte de la répartition du trafic sur les diverses lignes.

Nous pourrons donc poser pour l'ensemble d'un réseau :

$$p_R = 1^f{,}25 + 0{,}35\, \rho_R.$$

p_R étant le prix moyen de 1000 tonnes kilométriques brutes, et ρ_R étant la rampe caractéristique du réseau, telle qu'elle est définie par l'expression (A).

Pour les six grands réseaux français, la valeur de ρ_R paraît peu s'éloigner de 8 millimètres.

Moindre influence des déclivités sur les trains de voyageurs. — Nous venons de mettre en évidence l'influence des déclivités sur le prix de revient de la tonne kilométrique des trains de marchandises. Cette influence se fait sentir aussi sur les trains de voyageurs, mais pour ces derniers trains elle est beaucoup moins accentuée parce que, aux grandes vitesses, la résistance principale n'est pas due au profil, mais à la résistance de l'air. On peut donc s'attendre à trouver sur les divers réseaux moins de divergence entre les prix de revient de 1000 tonnes kilométriques de trains de voyageurs, qu'entre les prix de revient de 1000 tonnes kilométriques de trains de marchandises.

Influence des prix des combustibles. — Le prix des combustibles est variable d'un réseau à un autre, et pour un même réseau, d'un exercice à un autre; mais il est facile de déduire des prix de revient réels de traction, les prix de revient qui correspondraient à une valeur unique du combustible.

Tonnage brut remorqué. Vraie base de comparaison. — Sans entrer dans de plus longs développements, nous croyons avoir établi, par ce qui précède, que le prix du kilomètre de train n'a, par lui-même, aucune signification si l'on ne met en regard le nombre de véhicules remorqués et la rampe caractéristique du réseau. Mais ce nombre de véhicules donne-t-il lui-même la vraie mesure de la valeur du train ? Non, et voici pour quels motifs.

Tous les véhicules n'ont pas le même poids; il y a dans les trains des véhicules pesant 4 ou 5 tonnes, d'autres pesant plus de 10 tonnes; il est clair qu'un train composé de véhicules légers doit coûter moins cher que le même train composé d'un même nombre de véhicules lourds. La véritable mesure, dans le sens pratique du mot, n'est donc

pas le nombre de véhicules, mais le poids brut remorqué dans chaque cas.

Nous insistons sur ce point : que la comparaison des prix de revient de la traction doit porter sur les *tonnes brutes remorquées*, et non sur les tonnes de marchandises ou le nombre de voyageurs transportés.

Il est évident, en effet, que le prix de transport d'un wagon ou d'une voiture varie fort peu, soit que la charge se compose de 3 tonnes et de 9 voyageurs, soit qu'elle se réduise à 2 tonnes et 6 voyageurs ou moins encore; ces éléments servent de base à la recette, mais n'ont aucun rapport direct avec la dépense.

Nous n'avons pas besoin de faire ressortir combien plus illogique encore serait la comparaison de la dépense moyenne de traction avec la recette moyenne d'un train; ce sont des termes qui sont indépendants. Le prix de transport d'un wagon chargé de 10 tonnes reste le même, quel que soit le tarif qu'on applique à la marchandise transportée : par le jeu des tarifs, on peut augmenter ou diminuer la recette, la dépense du train reste étrangère à ces oscillations qui se rattachent à des combinaisons commerciales.

Pour maintenir constant le rapport entre la dépense de la traction et la recette d'un train, en diminuant de moitié, par exemple, les tarifs sur un réseau, il faudrait pouvoir diminuer du même coup, de moitié, les salaires des ouvriers et les prix des matières premières, ce qui n'est évidemment pas réalisable.

Il était utile de rappeler ces notions élémentaires qui sont fréquemment perdues de vue dans les états statistiques dressés à l'aide des éléments fournis par les comptes-rendus des compagnies.

En résumé, une comparaison rationnelle des prix de revient de traction de divers réseaux ou de divers exer-

ces d'un même réseau, doit porter séparément sur les trains de marchandises et sur les trains de voyageurs.

Pour chaque espèce de train, l'unité qui doit être prise pour base est la tonne brute remorquée, et non le nombre de voyageurs ou de tonnes de marchandises, et moins encore la recette des uns et des autres.

L'étude attentive des comptes-rendus des compagnies françaises, et quelques données complémentaires publiées par la *Revue générale des chemins de fer*, nous ont permis de dresser le tableau ci-après :

Tableau comparatif du prix de revient du transport de 1000 *tonnes brutes à* 1 *kilomètre*

		TRACTION — PRIX DE REVIENT DES GRANDS RÉSEAUX FRANÇAIS					
		P.-L.-M	P.-O.	Est	Ouest	Nord	Midi
Prix de 1000 kilomètres de trains.	Ensemble.	1114,7	918,4	859,2	850,0	968,0	997,0
	Marchand.	1466,6	1325,3	1159,1	929,0	1302,0	1512,0
	Voyageurs.	807,4	683,7	638,3	665,0	650,0	690,0
Charge moyenne en tonnes brutes.	Ensemble.	228,0	195,0	182,0	153,0	195,0	196,0
	Marchand.	371,0	347,0	298,0	188,0	295,0	353,0
	Voyageurs.	123,0	107,0	97,0	100,0	100,0	103,0
Prix du transport de 1000 tonnes brutes à 1 kilomètre	Ensemble.	4,84	4,71	4,72	5,55	4,96	5,08
	Marchand.	3,95	3,82	3,89	4,92	4,41	4,21
	Voyageurs.	6,56	6,37	6,50	6,65	6,50	6,70

Une première inspection de ce tableau fait voir que trois réseaux se distinguent par la modicité relative des prix de traction, ce sont ceux de P.-L.-M. de P.-O. et de l'Est.

Prix de revient minima, réseau P.-L-.M. — Pour déterminer lequel de ces trois réseaux fait réellement la traction la plus économique, il faut faire intervenir le prix du combustible ; on reconnaît ainsi que c'est le réseau P.-L.-M. qui réalise les prix de revient les plus faibles par

1000 tonnes kilométriques aussi bien pour les trains de voyageurs que pour les trains de marchandises.

En effet, la tonne de briquettes à 6 p. 100 de cendres, revient rendue sur tender à :

22f,55 à la Cie P.-O.

tandis que la tonne de briquettes à 10 p. 100 de cendres, rendue sur le tender, est comptée pour :

24f,99 à la Cie P.-L.-M.

Des relevés directs des consommations de combustible sur le P.-L.-M. ont donné pour 1000 tonnes brutes transportées à 1 kilomètre :

55k,75 pour l'ensemble des trains.
45k,68 pour les trains de marchandises.
76k,58 pour les trains de voyageurs.

Les dépenses correspondantes ont été en argent de :

1f,393 pour l'ensemble.
1,142 pour les trains de marchandises.
1,914 pour les trains de voyageurs.

Quelle aurait été la consommation si le P.-L.-M. avait disposé du combustible P.-O. ?

La proportion de charbon pur étant 0,94 pour le P.-O. et 0,90 pour le P.-L.-M., il faut multiplier la consommation réelle du P.-L.-M. par le rapport $\frac{0,90}{0,94}$.

Nous obtenons ainsi pour le P.-L.-M. les consommations suivantes, en substituant du combustible à 6 p. 100 de cendres au combustible de 10 p. 100, savoir :

53k,37 pour l'ensemble.
43k,73 pour les marchandises.
73k,32 pour les voyageurs.

En appliquant le prix de 22f,55 à ces consommations nous trouvons :

1f,203 pour l'ensemble	au lieu de	1f,393
0,986 pour les marchandises	—	1,142
1,653 pour les voyageurs	—	1,914

La différence de dépense due uniquement aux prix appliqués du combustible est de :

1f,393 — 1f,203 = 0f,190 pour l'ensemble.
1,142 — 0,986 = 0,156 pour les marchandises.
1,914 — 1,653 = 0,261 pour les voyageurs.

Or les prix de revient de 1000 tonnes kilométriques ont été trouvés égaux à :

4,841 pour l'ensemble des trains.
3,953 pour les trains de marchandises.
6,564 pour les trains de voyageurs.

En ramenant les combustibles à la même valeur sur les deux réseaux P.-L.-M. et P.-O., les prix de revient du P.-L.-M. par 1000 tonnes kilométriques brutes deviennent les suivants :

4,841 — 0,190 = 4,651, soit 4,65 pour l'ensemble des trains.
3,953 — 0,156 = 3,797, soit 3,80 pour les trains de marchandises.
6,564 — 0,261 = 6,303, soit 6,30 pour les trains de voyageurs.

Les prix trouvés par le P.-O. étaient :

Ensemble. . . . . 4,71.
Marchandises. . . 3,8[illegible].
Voyageurs. . . . 6,37.

On voit, que grâce à cette légère correction du prix des combustibles, c'est en réalité sur le réseau P.-L.-M. qu'on trouve les prix de traction les plus réduits : l'écart est d'ailleurs extrêmement faible entre le P.-L.-M. et le P.-O.

Prix de revient minima des grands réseaux français. — En résumé, il résulte de ce qui précède qu'en prenant pour combustible de la briquette à 6 p. 100 de cendres

à 22f55 la tonne chargée sur tender, les prix de transport de 1000 tonnes de poids brut à 1 kilomètre, ont pour limite inférieure sur les grands réseaux français :

1° Pour les trains de marchandises	3f,80,
2° Pour les trains de voyageurs	6,30.

Prix de revient moyens des grands réseaux français : 4 francs et 6f,55. — Les valeurs moyennes pour l'ensemble des six réseaux sont approximativement :

1° Pour les trains de marchandises	4f,00,
2° Pour les trains de voyageurs	6,55.

Réponse à la 1re *question.* — La réponse à notre première question (voir page 138) :

« *Quelle aurait été la dépense de traction sur les* « *grands réseaux français* pour produire le travail fait en « 1884, sur le réseau de l'État, c'est-à-dire pour trans- « porter à 1 kilomètre :

« 1° 541.402.054 tonnes brutes par les trains de marchandises,
« 2° 657.597.772 — — de voyageurs. »

est maintenant facile.

En appliquant les prix minima des grands réseaux français nous obtenons, pour la dépense des trains de marchandises :

$$541.402.054 \times 3,80 = 2.057.327^f,$$

et pour la dépense des trains de voyageurs :

$$657.597.772 \times 6,30 = 4.142.865^f,$$

Soit en totalité. . . 6.200.192f.

En appliquant les prix moyens des réseaux français, nous obtenons pour la dépense des trains de marchandises :

541.402.054 × 4 = 2.165.608f,
et pour la dépense des trains de
voyageurs : 657.597.772 × 6,55 = 4.307.265f,

Soit en totalité. . . 6.472.873f.

Or la dépense totale sur le réseau de l'État a été de :

5.635.174f.

En mettant en regard ces trois totaux, savoir :

6.200.192 prix minima des grands réseaux français.

6.472.873 prix moyens — —
5.635.174 prix du réseau de l'État,

on voit que l'économie en faveur du réseau de l'État est de :

6.200.192 — 5.635.174 = . . . 565.018f,

par rapport aux prix les plus bas obtenus en France.

Cette économie est de :

6.472.873 — 5.635.174 = . . . 837.699f,

par rapport aux prix moyens de l'ensemble des réseaux français.

Dans le 1er cas, l'économie correspond à :

$$\frac{565.018}{6.200.192} = 9,1\ \%.$$

Dans le 2e cas l'économie correspond à :

$$\frac{837.699}{6.472.873} = 12,9\ \%.$$

Réponse à la 2e question. — Il nous reste à répondre à la 2e question posée plus haut (page 138) en tête de ce chapitre :

« *Quelle aurait été la dépense sur le réseau même de* « *l'État*, si les conditions avaient été les mêmes qu'en » 1882, et si depuis cette époque aucune amélioration

« n'avait été introduite dans le travail utile des ma-
« chines? »

Il nous faut d'abord rappeler sommairement les résultats constatés pour l'exercice 1882.

Le rapport du conseil d'Administration constate que le prix de 1 000 kilomètres de trains, en bloc, s'est élevé à :

675f,74.

Nous avons donné plus haut, séparément, les prix de 1 000 kilomètres de trains de marchandises :

952f,12,

et de 1000 kilomètres de trains de voyageurs :

570f,65.

Les parcours des trains de marchandises se sont élevés à :

	2.735.170km.
et les parcours des trains de voyageurs à.	7.194.953
Ensemble.	9.930.123km.

Le tonnage kilométrique brut s'est élevé pour les trains de marchandises à. 534.772.378
et pour les trains de voyageurs à. 610.840.417

Ensemble. 1.145.612.795

On déduit de là pour les charges moyennes remorquées :

1° Ensemble.	115t,
2° Trains de marchandises. .	196
3° Trains de voyageurs. . . .	85

Les prix de 1000 kilomètres de trains étant respectivement :

1° Ensemble.	675f74
2° Trains de marchandises. .	952,12
3° Trains de voyageurs. . . .	570,65

On obtient pour les prix de 1000 tonnes brutes transportées à 1 kilomètre :

1° Ensemble.	5f86
2° Trains de marchandises. .	4,86
3° Trains de voyageurs.. . . .	6,71

Le combustible se composait de briquettes à 6 p. 100 de cendres, pour la majeure partie, le prix de revient de la tonne chargée sur le tender a été de 22f,65; c'est à peu près exactement le prix du combustible de même qualité employé sur le réseau P.-O.

En appliquant ces prix de revient, savoir :

$$4^f,86 \text{ et } 6^f,71$$

aux tonnes kilométriques de l'exercice 1884, comme nous l'avons fait précédemment, nous obtenons pour la dépense des trains de marchandises :

$$541.402.054 \times 4^f,86 = 2.631.213^f,$$

et pour la dépense des trains de

voyageurs : $657.597.772 \times 6^f,71 = 4.412.481$

Soit en totalité. . . . $7.043.694^f$

Telle eût été la dépense de l'exercice 1884 si les prix de revient avaient été les mêmes que pendant l'exercice 1882.

La différence entre cette évaluation..	7.043.694
et la dépense réelle de l'exercice 1884..	5.635.174
est de.	1.408.520

La réduction des dépenses correspond à :

$$\frac{1.408.520}{7.043.694} \text{ ou à } 19,9\ \%$$

Résumé. Tableau d'ensemble. — En résumé, soit que l'on compare les prix de revient de la traction réalisés sur le réseau de l'État pendant l'exercice 1884, avec les prix de revient des grandes compagnies, soit qu'on mette en parallèle sur le réseau même de l'État, les prix des deux

exercices 1882 et 1884, on constate une économie considérable en faveur de ce dernier exercice.

Le tableau ci-après permet de saisir d'un coup d'œil les résultats que nous avons successivement mis en évidence.

			TRAINS DE MARCHANDISES	TRAINS DE VOYAGEURS	ENSEMBLE des trains	OBSERVATIO
A. État. Exercice 1884. — Nombre de tonnes kilométriques.			541 402 054	657 597 772	1 198 999 826	(1) Ces prix pa tonnes kilométri pour l'ensemble des sont déduits par u cul très simple des inscrites pour les u lignes dans les col 1 et 2. Ils s'appliquent tonnage d'ensem composé de la m manière que le ton (A) de l'exercice 1 en tonnes kilométri de marchandises et voyageurs.
Prix de revient de 1000 tonnes kilométriques.	État. Exercice 1882..		4,86	6,71	5,86 (1)	
	Grands réseaux	Prix moyens.	4,00	6,55	5,37 (1)	
	Grands réseaux français	Prix minima.	3,80	6,30	5,17 (1)	
	État. Exercice 1884..		3,79	5,44	4,69	
Évaluation du travail (A) par application des prix de revient ci-dessus.	État. Exercice 1882..		2 631 213	4 412 481	7 043 694	
	Grands réseaux	Prix moyens.	2 165 608	4 307 265	6 472 873	
	Grands réseaux français	Prix minima.	2 057 327	4 142 865	6 200 192	
	État. Exercice 1884..		2 055 467	3 579 707	5 635 174	
Économie en faveur de l'exercice 1884 par rapport à :	État. Exercice 1882..		575 746	832 774	1 408 520	
	Grands réseaux	Prix moyens.	110 141	727 558	837 699	
	Grands réseaux français	Prix minima.	1 860	563 158	565 018	Economie constat réalisée sur un effect 150 machines transf mées.
Économie p. 100 en faveur de l'exercice 1884 par rapport à :	État. Exercice 1882. .		21,9	18,9	19,9	
	Grands réseaux	Prix moyens.	5,0	16,9	12,9	
	Grands réseaux français	Prix minima.	0,09	13,9	9,3	

Diagramme des prix de revient du réseau de l'État depuis son origine. — En outre des comparaisons détaillées que nous venons d'établir, il n'est pas sans intérêt de suivre maintenant la marche des prix de revient de la traction sur le réseau de l'État depuis sa constitution. D'après les derniers comptes-rendus des lignes qui ont constitué ce réseau, le prix de revient de 1000 kilomètres

de trains était, pour l'ensemble de ces lignes, avant le rachat, de :

811f,80

pour une charge moyenne de 109 tonnes.

Le rapport entre les nombres de tonnes kilométriques aux voyageurs et aux marchandises a peu varié, de sorte qu'il suffit, pour se rendre compte de la marche des frais d'exploitation, en ce qui concerne la traction, de considérer pour le réseau de l'État, l'ensemble des trains et du tonnage. Nous donnons, dans ces conditions, le prix moyen du transport de 1000 tonnes brutes à 1 kilomètre, d'abord pour les lignes avant le rachat, ensuite pour les divers exercices de 1879 à 1884.

		PRIX DE REVIENT de 1000 tonnes kilométriques brutes	DÉPENSES totales	TONNAGE REMORQUÉ par les trains
Avant le rachat.		7,45	»	»
Réseau de l'État	Exercice 1879. . .	6,34	3 663 219,27	577 794 837
	— 1880. . .	6,10	4 144 099,23	679 360 529
	— 1881. . .	5,96	5 306 309,92	890 320 457
	— 1882. . .	5,86	6 710 140,82	1 145 612 795
	— 1883. . .	5,69	7 575 173,49	1 328 898 051
	— 1884. . .	4,69	5 635 174,30	1 198 999 826
Six grands réseaux (1883)	Prix moyen.	5,37		
	Prix minim.	5,17		

En mettant ces résultats sous forme graphique, on voit nettement ressortir le brusque abaissement qui a suivi le rachat des lignes, la marche progressive des économies d'année en année, et enfin le brusque abaissement corres-

pondant à l'exercice 1884 (voir le diagramme, fig. 4, Pl. II).

Sur le diagramme, les ordonnées sont proportionnelles aux prix de revient à raison de 10 millimètres pour 1 franc : le trait plein correspond au prix moyen, et le trait pointillé au prix minimum des grands réseaux français pour l'exercice 1883.

Antérieurement à 1884, les prix de revient de l'État étaient plus élevés que ceux des grands réseaux : à partir de 1884, c'est l'État qui réalise les prix les plus bas.

Causes principales des économies réalisées. — Jusqu'ici nous avons constaté les valeurs des prix de revient déduites des données statistiques et de la comptabilité, sans donner aucune explication des variations de ces valeurs, et en écartant à dessein, dans le présent chapitre, toutes considérations d'ordre technique. Nous avons toutefois appelé l'attention sur l'influence des rampes caractéristiques.

Diminution de la rampe caractéristique du réseau. — Voici, à ce sujet, quelques indications sommaires très simples.

On peut poser comme un fait qui ne sera contesté par personne que la dépense kilométrique par 1000 tonnes brutes remorquées est d'autant plus élevée que le profil est plus accidenté. Sur un réseau où presque toutes les sections comprennent des pentes et rampes de 10 à 15 millimètres, cette dépense est, toutes choses égales d'ailleurs, plus forte que sur des réseaux composés de sections dont les déclivités ne dépassent pas, en moyenne :

$$8^{mm}.$$

N'est-il pas évident, en effet, que si les frais d'exploitation n'étaient pas influencés par les accidents du profil, on n'aurait pas dépensé sur les grands réseaux des sommes énormes pour percer des tunnels, ouvrir des tranchées pro-

fondes, établir des viaducs ou de grands remblais, uniquement pour diminuer d'un petit nombre de millimètres les pentes ou rampes ? Cela nous paraît tellement évident que nous croyons inutile d'insister davantage.

Telle est la principale cause qui a maintenu antérieurement à 1884 les prix de revient du réseau de l'État à un niveau plus élevé que ceux des grandes compagnies.

Pour l'exercice 1882 notamment, la surélévation des prix par 1000 tonnes kilométriques était de :

$4{,}86 - 4 = 0{,}86$ ou $\frac{0{,}86}{4{,}86}$ soit 17,7 °/₀ pour les trains de marchandises,

et de :

$6{,}71 - 6{,}55 = 0{,}16$ ou $\frac{0{,}16}{6{,}71}$ soit 2,4 °/₀ pour les trains de voyageurs.

Sans aucun calcul spécial, il est aisé de comprendre que l'influence des pentes et rampes est beaucoup plus nuisible pour les trains de marchandises que pour les trains de voyageurs.

Considérons, en effet, un train de marchandises gravissant une rampe de 10 millimètres, et descendant ensuite une pente de même longueur; sur la rampe, la machine pourra utiliser toute sa puissance : la charge sera limitée par l'adhérence, et elle atteindra à peu près 5 à 6 fois le poids de la machine et du tender.

Sur la pente, il sera nécessaire de faire intervenir la contre-vapeur ou l'action des freins pour empêcher le train d'atteindre une vitesse exagérée, dangereuse à la fois pour la voie et le matériel roulant.

Pour un train de voyageurs marchant de 55 à 60 kilomètres de vitesse moyenne, la charge remorquée sur la rampe représentera à peu près le double du poids de la machine et du tender : ce ne sera pas l'adhérence qui limitera la charge, mais la puissance de vaporisation.

A la descente, le train atteindra une vitesse de 80 kilomètres à l'heure, et comme cette vitesse est compatible avec le matériel à voyageurs, l'accélération due à la pesanteur sera totalement utilisée ; il ne sera pas nécessaire de la détruire par l'action du frein.

En un mot, pour les trains de voyageurs, les pentes peuvent être utilisées pour accélérer les vitesses ; pour les trains de marchandises, les pentes sont nuisibles, il faut faire intervenir les freins.

Ainsi s'explique l'écart beaucoup plus grand entre les prix de revient par 1 000 tonnes kilométriques pour les trains de marchandises, soit :

17,7 %

que pour les trains de voyageurs, soit

2,4 %

dans le parallèle établi entre le réseau de l'État (1882) et les grands réseaux français.

Antérieurement à 1884, le réseau de l'État se composait de lignes à déclivités comprises entre 10 et 15 millimètres ; il comprenait, en outre, les lignes de la Haute-Vienne et de l'Auvergne à déclivités de 20 à 25 millimètres. En 1884, la rampe caractéristique du réseau de l'État a subi un brusque abaissement. Aussi voyons-nous le prix de revient de 1 000 tonnes kilométriques aux trains de marchandises s'abaisser au minimum réalisé sur les grands réseaux français.

On peut dire, avec raison, qu'une partie de cet abaissement est due à l'amélioration du profil, bien que ce profil soit loin encore de valoir le profil moyen des grands réseaux.

Mais pour les trains de voyageurs, le prix de 1 000 tonnes kilométriques s'est abaissé de :

$6^f,71$ à $5^f,44$,

alors que le prix moyen des grands réseaux est de :

$6^f,30$.

C'est évidemment ailleurs que dans l'amélioration du profil qu'il faut rechercher les causes principales d'un pareil résultat.

Ces causes, nous les avons fait connaître dans les deux premiers chapitres du présent mémoire.

Conclusion. — Les soupapes de rentrée d'air et les tiroirs cylindriques ont seuls été appliqués sur une grande échelle; les écrans réfractaires n'existent que sur 24 machines, et les surfaces de moindre résistance que sur 12 machines. Lorsque tout le matériel du réseau de l'État sera modifié, lorsque toutes les machines à voyageurs seront munies de tiroirs cylindriques, de soupapes à air, d'écrans réfractaires et de surfaces de moindre résistance, nous estimons que les prix de revient seront abaissés dans une proportion telle que l'économie réalisée ne sera pas inférieure à 4 000 francs par machine et par an.

Les frais de traction par machine et par an étant en moyenne de 25 000 francs et l'économie constatée étant de 16 p. 100 elle se chiffre en effet par 4 000 francs pour chaque machine transformée.

Les résultats énumérés dans le présent mémoire et constatés sur le réseau de l'État à la clôture de l'exercice 1884 donnent à cette évaluation un grand caractère de probabilité.

Or, comme il existe en France 7 000 machines en service, on peut conclure que, si toutes étaient transformées conformément aux indications qui précèdent, l'économie annuelle sur les frais de traction serait de :

28.000.000f,

pour l'ensemble des chemins de fer actuellement exploités en France.

Tours, 1er juin 1885.

APPENDICE

RELATION ENTRE LES RAMPES CARACTÉRISTIQUES ET LES DÉPENSES DE TRACTION.

Nous avons donné, dans le cours de la notice qui précède, une relation empirique très simple, pour les trains de marchandises, entre les dépenses de traction et les rampes caractéristiques des divers groupes de lignes constituant un réseau.

Si l'on représente par p le prix de revient de 1000 tonnes kilométriques de poids brut remorqué et par ρ la rampe caractéristique on a :

$$p = 1^f,25 + 0,35\,\rho.$$

Cette formule pourrait être consultée avec fruit lorsqu'on compare divers profils possibles d'un chemin de fer projeté : elle donne des indications précieuses sur les économies qu'il convient de réaliser sur la construction, en adoptant un profil à fortes déclivités, lorsque le trafic prévu est faible, et sur les dépenses qu'il ne faut pas hésiter à faire dans le but de diminuer la rampe caractéristique, lorsque le trafic prévu est important.

Il nous a paru utile d'indiquer les observations et les expériences qui nous ont conduit à cette formule empirique :

$$p = 1^f,25 + 0,35\,\rho.$$

Il est bien entendu que cette formule s'applique aux machines ordinaires à marchandises avec tiroirs plans et qu'elle suppose une valeur unique au combustible, soit 22f,50 par tonne de briquettes à 6 p. 100 de cendres chargée sur le tender.

En exigeant sur divers groupes de lignes, tels que A, B, C, etc., le travail moteur qui correspond au maximum d'utilisation d'une machine, pour une vitesse déterminée (que nous supposerons dans ce qui va suivre égale à 25 kilomètres, vitesse moyenne des trains de marchandises), la dépense kilométrique, pour ce qui concerne la machine, sera constante ; mais les trains remorqués seront d'autant moins lourds que les rampes caractéristiques seront plus fortes.

Si l'on désigne :

Par α le prix de revient de l'entretien et du graissage des véhicules par 1000 tonnes brutes kilométriques ;

Par C, la charge moyenne remorquée en tonnes ;

Par P, le prix de revient par 1 000 kilomètres de trains ; le travail de la machine étant invariable, on aura l'égalité :

$$P = A + \alpha C, \tag{D}$$

A étant une valeur constante qui dépend du type et du poids de la machine.

La valeur du coefficient α est à peu près exactement égale à l'unité pour l'ensemble des réseaux français, et cette valeur diffère peu d'un réseau à un autre ; l'expression (D) prend donc la forme plus simple :

$$P = A + C.$$

Comment la valeur de C varie-t-elle avec la rampe caractéristique ρ des lignes ?

On peut poser :

$$C = \mu \varphi(\rho),$$

μ étant le poids du moteur, c'est-à-dire que les charges pour un profil donné varient proportionnellement au poids du moteur.

La valeur de A est, comme celle de C, à peu près proportionnelle au poids du moteur, de sorte que l'on peut poser :

$$A = \mu A_1.$$

On a donc l'expression générale dans les limites habituelles de variation de poids des machines à marchandises des grands réseaux français :

$$P = \mu [A_1 + \varphi(\rho)].$$

Le prix de revient p de 1 000 tonnes kilométriques est donné par l'expression :

$$p = \frac{P}{C} = \frac{A_1}{\varphi(\rho)} + 1.$$

La constante A_1 a pour valeur 19,56 sur les réseaux français dont la traction est la plus économique.

Il reste à trouver la valeur de la fonction $\varphi(\rho)$. Cette valeur a été déterminée expérimentalement sur le réseau de l'État. Dans notre mémoire du 20 septembre 1883, nous avons fait connaître, en fonction du travail indiqué, la résistance par tonne de l'ensemble d'une machine à marchandises avec son tender.

Si nous désignons par E le travail indiqué, mesuré par mètre de parcours sur la voie;

Par R la résistance cherchée (exprimée en kilogrammes);

Par V la vitesse de la machine en kilomètres par heure, le résultat de nos expériences pour les machines de la série 3100 à tiroirs plans et à 6 roues couplées de $1^m,320$ de diamètre, est donné par la formule :

$$R = 3,3 + \frac{3,5\,E}{1000} + \left(\frac{V}{20}\right)^2,$$

la machine et le tender pèsent ensemble en moyenne 50 tonnes, la résistance propre de l'appareil moteur est donc égale à :

$$50\left[3{,}3+\frac{3{,}5\,E}{1000}+\left(\frac{V}{20}\right)^2\right].$$

La résistance par tonne des véhicules remorqués est donnée par la formule :

$$R'=2+\frac{V}{40}.$$

C étant la charge remorquée en tonnes brutes et ρ la rampe exprimée en millimètres, nous avons l'égalité :

$$E=50\left[3{,}3+\frac{3{,}5\,E}{1000}+\left(\frac{V}{20}\right)^2\right]+C\left(2+\frac{V}{40}\right)+(50+C)\rho.$$

Pour $V=25$, vitesse moyenne des trains de marchandises, cette formule devient :

$$E=243+0{,}175\,E+C(\rho+2{,}62)+50\rho,$$

d'où :

$$C=\frac{0{,}825\,E-243-50\rho}{\rho+2{,}62}.$$

Or, pour le maximum d'utilisation, le travail indiqué est de 470 chevaux environ, ce qui donne :

$$\frac{EV}{270}=470;$$

d'où $E=5076$, ou, en nombre rond : $E=5100$ pour $V=25$.

En substituant cette valeur de E dans l'expression de C, nous avons

$$C=\frac{3964-50\rho}{2{,}62+\rho}=50\cdot\frac{79{,}33-\rho}{2{,}62+\rho}.$$

C'est l'expression de la charge en fonction de la rampe, déduite directement de l'expérience, sans aucune hypothèse. En rapprochant cette expression de la charge : $C=50.\frac{79{,}33-\rho}{2{,}62+\rho}$ pour un moteur de 50 tonnes (machine et tender) de la formule générale $C=\mu\varphi(\rho)$, on obtient :

$$\varphi(\rho)=\frac{79{,}33-\rho}{2{,}62+\rho},$$

et par suite :

$$p = \frac{A_1}{\varphi(\rho)} + 1$$

devient :

$$p \doteq 19{,}56 \times \frac{2{,}62 + \rho}{79{,}33 - \rho} + 1.$$

Nous donnons dans le tableau ci-après les calculs faits des charges :

$$C = 50 \cdot \frac{79{,}33 - \rho}{2{,}62 + \rho},$$

des prix de revient P par 1000 kilomètres de train

$$P = 50 \times 19{,}56 + C,$$

et des prix de revient p par 1000 tonnes kilométriques de poids brut :

$$p = 1 + 19{,}56 \cdot \frac{2{,}62 + \rho}{79{,}33 - \rho}.$$

Les valeurs de C et de P sont spéciales à des machines à 6 roues couplées ayant en ordre de marche un poids adhérent de 36 tonnes, et pesant en moyenne, tender compris, 50 tonnes. Les valeurs de p ont un caractère plus général ; elles sont indépendantes du poids de la machine, au moins dans les limites entre lesquelles ce poids se meut habituellement sur les grands réseaux français :

RAMPES caractéristiques ρ	CHARGES brutes C	PRIX DE 1000 kilomètres de trains P	PRIX DE 1000 tonnes kilométriques brutes p
mm.	tonnes	fr.	fr.
4	568	1546	2,72
5	487	1465	3,00
6	425	1403	3,30
7	375	1353	3,60
8	335	1313	3,91
9	302	1280	4,23
10	274	1252	4,56
11	251	1229	4,89
12	230	1208	5,25
13	212	1190	5,61
14	196	1174	5,98
15	182	1160	6,37
16	169	1147	6,78
17	158	1136	7,19
18	147	1125	7,65
19	139	1117	8,03
20	131	1109	8,46

Nous avons représenté graphiquement sur un diagramme (fig. 5, Pl. II) les valeurs de C, de P et de p.

A l'inspection de ce diagramme, on voit que les valeurs de p s'écartent très peu d'une ligne droite qui a pour équation :

$$p = 1^f,25 + 0,35\,\rho.$$

Telle est la formule empirique qui relie le prix de revient de la tonne kilométrique brute à la rampe caractéristique. Il résulte de là que chaque millimètre de rampe caractéristique donne lieu à une dépense additionnelle de $0^f,35$ par 1 000 tonnes de poids brut. Si le transport est

de 1000 tonnes brutes par jour, la dépense annuelle pour chaque millimètre de rampe en plus ou en moins, est de :

$$360 \times 0{,}35 = 126^f.$$

ce qui correspond à un capital de :

$$2{,}520^f, \text{ par kilomètre de voie.}$$

Ainsi, pour un groupe de lignes, de longueur L dont le trafic correspond à 1000 tonnes de poids brut par jour, ou environ 300 tonnes de marchandises, on peut dépenser :

$$2520^f \times L,$$

pour diminuer de 1 millimètre la rampe caractéristique.

Lorsqu'un réseau est construit et mis en exploitation, voici comment on détermine pratiquement la valeur de ρ pour les lignes desservies par un même dépôt de machines. — On partage les lignes du dépôt en groupes présentant à peu près les mêmes pentes et rampes.

Supposons un dépôt présentant un groupe A de lignes avec pentes et rampes de 5 à 8 millimètres et un groupe B de lignes avec pentes et rampes de 8 à 12 millimètres. — Le trafic doit être suffisant pour que dans un sens, soit à l'aller, soit au retour, les charges remorquées correspondent au maximum d'utilisation de la puissance des machines; cette condition étant remplie, voici de quelle manière on obtient la valeur de ρ pour les lignes du groupe A : on divise, le nombre total des tonnes kilométriques tant à l'aller qu'au retour au bout d'un mois, par le nombre de kilomètres de machines, et l'on en déduit la charge moyenne du train.

Connaissant la charge du train et le type de la machine, on cherche, pour ce type de machine, quelle est la rampe continue sur laquelle la machine pourrait remorquer cette même charge, à la même vitesse moyenne. — C'est cette rampe continue qui est la rampe caractéristique du groupe considéré A.

On déterminerait de même la rampe caractéristique du groupe B.

Ainsi, soit

N_a le tonnage kilométrique mensuel du groupe A pour T_a kilomètres de trains.

Soit N_b le tonnage kilométrique du groupe B pour T_b kilomètres de trains pendant la même période, la charge moyenne sera pour le groupe A

$$C_a = \frac{N_a}{T_a},$$

Et pour le groupe B

$$C_b = \frac{N_b}{T_b}.$$

Soient ρ_a et ρ_b les rampes continues qui correspondent aux charges C_a et C_b, la rampe caractéristique des groupes réunis A et B, c'est-à-dire la rampe caractéristique du dépôt sera :

$$\rho_D = \frac{N_a \rho_a + N_b \rho_b}{N_a + N_b}.$$

On voit, par ce qui précède, que la rampe caractéristique est influencée non-seulement par le profil géométrique de de la ligne, mais encore par la répartition du trafic.

Pour mieux mettre ce fait en évidence, supposons que sur le groupe A, par exemple, les rampes soient de 5 millimètres à l'aller et de 8 millimètres au retour et que le trafic soit entièrement à l'aller.

Supposons en outre, pour mieux préciser, que le dépôt soit desservi par des machines de la série 3100 auxquelles s'appliquent les formules données plus haut :

$$R = 3{,}3 + \frac{3{,}5\,E}{1000} + \left(\frac{V}{20}\right)^2, \text{ et}$$

$$C = 50\,\frac{79{,}33 - \rho}{2{,}62 + \rho}.$$

Les trains à l'aller se composeront exclusivement de

wagons chargés et le tonnage sera de :

$$487 \text{ tonnes.}$$

En admettant que pour ce cas particulier le poids utile soit égal au poids mort, les trains en retour ne se composeront que de matériel vide pesant :

$$\frac{487}{2} = 243 \text{ tonnes.}$$

La charge moyenne totale sera de :

$$\frac{487 + 243}{2} = 365 \text{ tonnes.}$$

ce qui correspond à une rampe caractéristique de $7^{mm},3$, d'où :

$$\rho_A = 7^{mm},3.$$

Pour peu qu'il s'établisse un certain trafic en retour permettant de porter la charge de 243 tonnes à 335 tonnes, la charge moyenne totale aura pour valeur :

$$\frac{487 + 335}{2} = \frac{822}{2} = 411 \text{ tonnes.}$$

ce qui correspond à une rampe caractéristique de 6 millimètres.
d'où :

$$\rho_A = 6 \text{ millimètres.}$$

Ainsi grâce à une meilleure répartition du trafic, la rampe caractéristique s'abaisse de $7^{mm},3$ à 6 millimètres.

Cette discussion fait voir que la rampe caractéristique, telle que nous l'avons définie, ne doit pas être confondue avec la quantité désignée sous le nom de *rampe fictive* : cette dernière quantité est, on le sait, indépendante du trafic.

Connaissant les rampes caractéristiques de tous les dépôts d'un réseau, ρ_D, ρ_D', ρ_D'', etc., on aura la rampe

caractéristique du réseau par la formule :

$$\rho_n = \frac{N_D \rho_D + N_{D'} \rho_{D'} + N_{D''} \rho_{D''} \text{ etc.}}{N_D + N_{D'} + N_{D''} \text{ etc.}},$$

N_D, N_D', N_D'', etc., étant les tonnages kilométriques de divers dépôts D, D′, D″, etc., pour une même période.

La rampe caractéristique moyenne pour l'ensemble des réseaux français est de 8 millimètres environ, et la formule :

$$p = 1{,}25 + 0{,}35\,\rho,$$

donne pour

$$\rho = 8, \quad p_m = 4^f{,}05.$$

Tel est le prix moyen du transport de 1000 tonnes brutes à 1 kilomètre pour les trains de marchandises.

En prenant ce prix moyen $p_m = 4{,}05$ comme terme de comparaison, on voit que la variation de p correspond à :

$$\frac{1}{12} \text{ environ de } p_m,$$

par millimètre de rampe en plus ou en moins par rapport à la rampe caractéristique moyenne de 8 millimètres.

La formule générale

$$p = 1{,}25 + 0{,}35\,\rho$$

cesserait d'être applicable, si, par exception, on rencontrait sur les réseaux français des lignes en palier.

La formule suppose en effet que les charges remorquées au moins dans un sens, correspondent au maximum d'utilisation des machines. — Pour remplir cette condition, sur une ligne en palier, les charges devraient s'élever à

1514 tonnes,

une telle charge correspondrait à un train de

150 à 200 véhicules.

Sur aucun réseau les gares ne sont disposées de manière à permettre les manœuvres de trains d'une pareille longueur.

La formule est applicable entre les limites $\rho = 3$ millimètres et $\rho = 30$ millimètres, limites entre lesquelles se trouvent comprises les rampes caractéristiques de presque toutes les lignes actuellement existantes.

Lorsqu'aux tiroirs plans, on substitue des tiroirs cylindriques avec soupapes de rentrée d'air, la formule empirique

$$p = 1,25 + 0,35\rho.$$

devient :

$$p_c = 1,20 + 0,28\rho.$$

Sous cette forme on voit que l'économie proportionnelle a pour valeur

$$\frac{p - p_c}{p} = \frac{0,05 + 0,07\rho}{1,25 + 0,35\rho}.$$

Pour $\rho = 8$ millimètres, cette économie dépasse 15 p. 100 : elle augmente en même temps que ρ.

TABLE DES MATIÈRES.

Exposé. — Machines modifiées et dépenses de traction. 110

CHAPITRE Ier.

SOUPAPES DE RENTRÉE D'AIR ET TIROIRS CYLINDRIQUES.

SOUPAPES DE RENTRÉE D'AIR. 111
Clapets. — Diamètre et mode de suspension. 112
Frais d'entretien.. 112
TIROIRS CYLINDRIQUES.. 113
Usure des tiroirs. 113
Usure du mécanisme de distribution. 115
Souches mâles. — Mode d'entretien.. 115
Souches femelles. — Usure nulle.. 116
Usure des cylindres distributeurs. 116
Corrosion des chaudières. 117
Suppression des dépôts gras adhérents. 117
Diminution des dépenses de graissage.. 118
Amélioration du rendement des machines en travail utile.. 119
Amélioration de l'adhérence.. 120

CHAPITRE II.

ÉCRANS RÉFRACTAIRES. — SURFACES DE MOINDRE RÉSISTANCE.

Modifications diverses des locomotives.. 123
ÉCRANS RÉFRACTAIRES. — Leur utilité. 124
Voûte anglaise. 125
Écran des États-Unis. 125
Écran en V du Réseau de l'État. 125
Entraînement du combustible dans la boîte à fumée. 126
Économie de combustible due à l'écran.. 126
Augmentation de la puissance de vaporisation. 127
SURFACES DE MOINDRE RÉSISTANCE. 127
Balances mesurant la résistance de l'air. 128
Plans inclinés à raison de 3 de base pour 4 de hauteur. 130
Augmentation du travail utile. 131
Économie de combustible due à la moindre résistance. 132
Résistance des véhicules par tonne. 135
Continuité des parois. 135

CHAPITRE III.

INFLUENCE DES MODIFICATIONS DES MACHINES SUR LES DÉPENSES DE TRACTION.

Travail produit en 1884 et dépenses constatées sur le réseau de l'État. 137
Évaluation des économies réalisées. 137
Considérations sur les prix de revient. 138
Distinction à établir entre les trains de marchandises et les trains de voyageurs. 139
Influence de la composition des trains.. 141
Avantages économiques des trains lourds pour un même trafic total. 142
Rampes caractéristiques.. 142
Influences des rampes caractéristiques sur les trains de marchandises. 143
Moindre influence des déclivités sur les trains de voyageurs. 145
Influence des prix des combustibles. 145
Tonnage brut remorqué. — Vraie base de comparaison. 145
Tableau comparatif du prix de transport de 1 000 tonnes kilométriques sur les réseaux français. 147
Prix de revient minima. — Réseau P.-L.-M. 147
Prix de revient minima des grands réseaux français. 149
Prix de revient moyens des grands réseaux français 150
Évaluations diverses du travail fait sur le réseau de l'État. 151
Diagramme des prix de revient du réseau de l'État depuis son origine.. 154
Causes principales des économies réalisées. 156
Conclusion.. 159

APPENDICE.

Relation entre les rampes caractéristiques et les dépenses de traction. 160

STATISTIQUE
de l'Industrie minérale de la France.

TABLEAUX COMPARATIFS DE LA PRODUCTION DES COMBUSTIBLES MINÉRAUX, DES FONTES, FERS ET ACIERS, EN 1884 ET EN 1885 (*).

I. — Combustibles minéraux

PRODUCTION PAR DÉPARTEMENT.

DÉPARTEMENTS.	NATURE DU COMBUSTIBLE.	PRODUITS. 1884.	PRODUITS. 1885.
		tonnes.	tonnes.
Ain	Lignite	6	6
Allier	Houille	832.911	774.718
Alpes (Basses-)	Lignite	30.962	27.539
Alpes (Hautes-)	Anthracite	6.985	5.840
Ardèche	Houille et anthracite	43.741	41.041
	Lignite	1.810	829
Aude	Idem	236	210
Aveyron	Houille	780.002	757.470
	Lignite	5.570	4.681
Bouches-du-Rhône	Idem	408.486	366.271
Cantal	Houille	54.305	44.917
	Lignite	»	190
Corrèze	Houille	4.228	2.648
Côte-d'Or	Houille et anthracite	7.465	5.596
Creuse	Idem	158.617	197.902
Dordogne	Houille	190	250
	Lignite	630	680
Drôme	Idem	190	20
Gard	Houille	1.878 162	1.701.186
	Lignite	18.342	12.187
Hérault	Houille et anthracite	248.241	241.085
	Lignite	580	337
Isère	Anthracite	158.494	124.990
	Lignite	874	1.330
Jura	Idem	1.629	148
Loire	Houille et anthracite	3 152.184	2.952.758
Loire (Haute-)	Houille	218.314	199 957
Loire-Inférieure	Anthracite	19.557	17.118
Lot	Houille	2.396	2.721
Maine-et-Loire	Anthracite	33.687	29.468
Mayenne	Idem	69 168	65.981
Nièvre	Houille	191.462	184.376
Nord	Houille et anthracite	3 401.517	3.584.797
Pas-de-Calais	Houille	6.036 340	6.127.461
Puy-de-Dôme	Houille et anthracite	195.647	181.105
Pyrénées (Basses-)	Anthracite	40	24
Pyrénées-Orientales	Lignite	2.254	2.019
Rhône	Houille	40.016	36.046
Saône (Haute-)	Idem	208.655	190.478
	Lignite	9.410	8.606
Saône-et-Loire	Houille et anthracite	1.341.568	1.225.567
Sarthe	Anthracite	18.216	17.079
Savoie	Idem	18.481	11.273
Savoie (Haute-)	Idem	200	100
Sèvres (Deux-)	Houille	19.642	19.559
Tarn	Idem	372.260	388.170
Var	Idem	»	2.889
	Lignite	2.082	2.105
Vaucluse	Idem	8.772	7.572
Vendée	Houille	19.406	18.344
Vosges	Lignite	691	1.425
Récapitulation	Houille et anthracite	19.587.120	19.098.260
	Lignite	496.394	486.081
Totaux		20.083.514	19.584.341
Diminution			499.173

(*) Ces tableaux ont été publiés, par ordre de M. le Ministre des Travaux publics, au *Journal Officiel* du 1er Mars 1886. Les chiffres concernant l'année 1885 sont extraits des états *semestriels* fournis par les Ingénieurs des mines et, par suite, *provisoires*; tandis que la statistique de 1884, résultant du dépouillement des états *annuels*, contient des chiffres *définitifs*.

PRODUCTION PAR BASSIN.

GROUPES GÉOGRAPHIQUES DE BASSINS.	PRODUITS. 1884 tonnes.	PRODUITS. 1885 tonnes.	BASSINS ÉLÉMENTAIRES (1).	DÉPARTEMENTS où LES BASSINS SONT SITUÉS.	PRODUITS. 1884 tonnes.	PRODUITS. 1885 tonnes.
I. — Houille et Anthracite.						
Nord et Pas-de-Calais.	9.437.857	9.712.258	Valenciennes	Nord, Pas-de-Calais	9.370.947	9.657.231
			Le Boulonnais (Hardinghen)	Pas-de-Calais	66.910	55.027
Loire	3.205.272	3.000.948	St-Etienne (et Rive-de-Gier)	Loire, *Rhône*	3.148.799	2.950.066
			Sainte-Foy l'Argentière	Rhône	39.820	36.046
			Communay	Isère	13.072	12.150
			Le Roannais (Roanne)	Loire, *Rhône*	3.581	2.686
Gard	1.921.903	1.742.227	Alais	Gard, Ardèche	1.891.148	1.710.312
			Aubenas	Ardèche	25.302	27.642
			Le Vigan	Gard	5 453	4.273
Bourgogne et Nivernais	1.588.731	1.456.001	Creusot et Blanzy	Saône-et-Loire	1.187 739	1.088.902
			Decize	Nièvre	191.462	184.376
			Epinac et Aubigny-la-Ronce	Saône-et-Loire, Côte-d'Or	122.597	111.907
			Bert	Allier	48 221	40.142
			La Chapelle-sous-Dun	Saône-et-Loire	31.607	27.827
			Sincey, *Forges*	Côte-d'Or, *Saône-et-Loire*	7.015	2.757
Tarn et Aveyron	1.154.658	1.093.361	Aubin	Aveyron	764.310	743.629
			Carmaux	Tarn	372.260	333.170
			Rodez	Aveyron	15.692	13.841
			Saint-Perdoux	Lot	2.396	2.721
Bourbonnais	906.379	845.581	Commentry (et Doyet)	Allier	754.522	704.122
			Saint-Eloy	Puy-de-Dôme	121.689	111.010
			L'Aumance (Buxière-la-Grue)	Allier	30.168	30.449
			La Queune (Fins et Noyant)	*Allier*	»	»
Auvergne	346.577	314.969	Brassac	Haute-Loire, Puy-de-Dôme	247.690	230.690
			Champagnac et Bourg-Lastic	Cantal, Puy-de-Dôme	70.888	62.022
			Langeac	Haute-Loire	27.999	22.257
Hérault	248.248	241.035	Graissessac, *Roujan*	Hérault	248.248	241.035
Creuse et Corrèze	162.035	200.890	Ahun	Creuse	152.517	190.304
			Bourganeuf	Creuse	6.100	7.688

Ouest	179.676	167.544	Le Maine	Mayenne, Sarthe	87.384	83.660
			Basse-Loire	Loire-Inf^re, Maine-et Loire	53.244	46.581
			Vouvant et Chantonnay	Deux-Sèvres, Vendée	39.048	37.903
			Saint-Pierre-La-Cour	*Mayenne*	»	»
			Le Cotentin (Littry, le Plessis)	*Calvados, Manche*	»	»
Alpes occidentales	171.089	130.053	Le Drac (La Mure)	Isère	144.621	112.030
			Maurienne-Tarent^se et Briançon	Hautes-Alpes, Savoie	25.467	17.113
			L'Oisans et *le Graisivaudan*	Isère	801	810
			Chablais et Faucigny	Haute-Savoie	200	100
Maures	»	2.889	Les Maures (Fréjus)	Var, *Alpes-Maritimes*	»	2.889
Pyrénées	40	26	Ibantelly, *Durban et Ségur*	Basses-Pyrénées, *Aude*	40	26
Totaux pour les houilles	19.527.120	19.098.260			19.527.120	19.098.260

II. — Lignite.

Provence	445.470	395.916	Le Fuveau (Aix)	Bouches-du-Rhône, *Var*	403.951	366.556
			Manosque	Basses-Alpes, *Vaucluse*	39.962	27.539
			La Cadière	Var	1.557	1.821
Comtat	28.907	20.493	Bagnols, Orange, Banc-Rouge, *Vagnas*	Ardèche, Gard, Vaucluse	22.229	16.023
			Barjac et *Célas*	Gard	3.519	2.839
			Méthamis	Vaucluse	3.159	1.631
			Montoulieu	*Hérault*	»	»
Vosges méridionales	10.101	10.031	Gouhenans, *Gémonval*	Haute-Saône	9.410	8.606
			Norroy	Vosges	691	1.425
Sud-Ouest	9.287	8.142	Millau et Trévezel	Aveyron, Gard	5.587	4.776
			Estavar, *Orignac, SaintLon, Larquier*	Pyrénées-Orientales, *Hautes-Pyrénées, Landes*	2.254	2.019
			Simeyrols et la Chap.-Péchaud	Dordogne	630	680
			La Caunette	Aude, Hérault	816	547
			Murat	Cantal	»	120
Haut-Rhône	2.629	1.499	La Tour-du-Pin	Isère	874	1.330
			Douvres	Ain, Jura	1.635	149
			Hauterives, *Montélimar*	Drôme	120	20
			Entrevernes et Chambéry	*Haute-Savoie, Savoie*	»	»
Totaux pour les lignites	496.394	436.081			496.394	436.081
Totaux généraux	20.023.514	19.534.341			20.023.514	19.534.341

(1) Les bassins dont les mines n'ont pas été exploitées dans l'année et les départements correspondants ont leurs noms en *italiques*.

II. — Industrie sidérurgique.

PRODUCTION DES FONTES.

DÉPARTEMENTS.	DÉSIGNATION de LA FONTE suivant la nature du combustible.	1884 — FONTES d'affinage.	1884 — FONTES de moulage ou moulée en 1re fusion.	1884 — PRODUCTION totale.	1885 — FONTES d'affinage.	1885 — FONTES de moulage ou moulée en 1re fusion.	1885 — PRODUCTION totale.
		tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Allier	Au coke	46.341	12.348	58.689	26.247	10.022	36.269
Ardèche	Au coke	40.543	11.635	52.178	22.376	8.972	31.348
Ardennes	Au coke	19.000	»	19.234	16.106	»	16.363
	Au bois	124	110		»	257	
Ariège	Au coke	24.843	»	24.843	12.886	»	12.886
Aveyron	Au coke	25.517	»	25.517	20.572	»	20.572
Bouches-du-Rhône	Au coke	13.469	1.596	15.065	14.013	»	14.013
Cher	Au coke	»	6.650	16.185	»	»	12.501
	Au bois	3.555	»		2.751	»	
	Mixte	»	5.980		»	9.750	
Corse	Au bois	4.941	»	4.941	466	»	466
Dordogne	Au bois	800	»	800	192	»	192
Doubs	Au bois	80	39	119	»	»	»
Gard	Au coke	103.222	8.547	111.769	70.767	9.685	80.452
Gironde	Au bois	600	567	1.167	650	700	1.350
Hérault	Au coke	3.765	5.207	8.972	»	»	»
Ille-et-Vilaine	Au bois	»	779	779	»	»	»
Indre	Au bois	»	»	»	743	»	743
Isère	Au coke	18.815	4	18.819	18.299	34	18.605
	Au bois	»	»		199	73	
Landes	Au coke	40.260	»	56.042	39.200	»	[illegible]
	Au bois	9.873	5.909		11.10[illegible]	[illegible]	[illegible]

Loire	Au coke	35.064	4	35.068	26.483	63	26.546
Loire-Inférieure	Au coke	58.900	»	58.900	44.902	»	44.902
Lot-et-Garonne	Au coke	»	15.905	16.355	160	10.146	10.536
	Au bois	450	»		230	»	
Marne (Haute-)	Au coke	28.537	29.949	81.729	26.075	30.506	67.109
	Au bois	3.544	»		3.009	»	
	Mixte	10.103	9.596		1.100	6.329	
Meurthe-et-Moselle	Au coke	547.886	199.416	747.302	481.239	225.523	706.762
Meuse	Au coke	2.810	5.270	10.022	3.216	5.432	8.973
	Au bois	»	1.124		»	325	
	Mixte	»	818		»	»	
Morbihan	Au bois	824	»	824	»	»	»
Nord	Au coke	175.635	43.908	219.543	174.077	43.518	217.595
Pas-de-Calais	Au coke	84.352	4.043	88.395	88.991	3.652	92.643
Pyrénées-Orientales	Au bois	3.330	»	3.330	4.299	»	4.299
Rhône	Au coke	57.049	»	57.049	29.459	»	29.459
Saône (Haute-)	Au bois	1.537	340	1.877	1.619	1.066	2.685
Saône-et-Loire	Au coke	128.105	1.252	129.357	114.310	»	114.310
Tarn	Au coke	5.451	553	6.004	2.205	40	2.245
Vaucluse	Au bois	512	151	663	312	»	312

RÉCAPITULATION.

Fonte	Au coke	1.459.564	346.287	1.805.851	1.231.583	347.593	1.579.176
	Au bois	30.170	9.019	39.189	25.665	6.921	32.586
	Mixte	10.103	16.394	26.497	1.100	16.079	17.179
Totaux		1.499.837	371.700	1.871.537	1.258.348	370.593	1.628.941
Diminutions					241.489	1.107	242.596

PRODUCTION DES FERS.

DÉPARTEMENTS.	MODE DE FABRICATION DU FER.	1884				1885			
		RAILS.	FERS marchands et spéciaux.	TÔLES.	PRODUCTION totale.	RAILS.	FERS marchands et spéciaux.	TÔLES.	PRODUCTION totale.
		tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Aisne	Puddlage	»	»	916	966	»	»	682	682
	Réchauffage de vieux fers	»	»	50		»	»	»	
Allier	Puddlage	927	19.565	7 385	27.877	665	14.509	6.528	21.702
Ardennes	Puddlage	»	43.369	20.118	73.606	»	45.363	11.799	63 889
	Affinage au charbon de bois	»	49	»		»	»	»	
	Réchauffage de vieux fers	»	4.717	5.353		»	3.133	3.594	
Ariège	Puddlage	»	12.158	»	12.302	»	8.758	»	8.758
	Affinage au charbon de bois (foyers catalans)	»	144	»		»	»	»	
Aube	Puddlage	»	4.301	»	5.876	»	4.186	»	5.346
	Affinage au charbon de bois	»	1 575	»		»	1.160	»	
Aveyron	Puddlage	580	14.151	1.939	16.670	684	16.677	2.277	19.638
Bouches-du-Rhône	Puddlage	»	300	»	1.339	»	229	»	899
	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	1.039	»		»	670	»	
Charente	Réchauffage de riblons	»	140	»	140	»	80	»	80
Cher	Affinage au charbon de bois	»	1.310	»	1.310	»	765	»	765
Corse	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	96	»	96	»	123	»	123
Côte-d'Or	Puddlage	»	7.280	»	9.225	»	6.600	»	8.582
	Affinage au charbon de bois	»	475	»		»	760	»	
	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	720	750		»	855	367	
Côtes-du-Nord	Puddlage	»	1.080	»	3.400	»	657	»	2.271
	Réchauffage de vieux fers	»	2.320	»		»	1.614	»	
Dordogne	Puddlage	»	1.200	»	2.710	»	1.850	»	3.990
	Affinage au charbon de bois	»	1.510	»		»	970	»	
	Réchauffage de vieux fers	»	»	»		»	1.170	»	
	Puddlage	»	»	48		»	»	46	
[illegible]	Affinage au charbon de bois	»	6.449	2.238	12.719	»	5.741	1.232	9.256

	Puddlage	»	422	»	[illegible]	»	815	»	815
Gard	Réchauffage de vieux fers	334	18.438	»	18.772	227	16.457	»	18.932
Garonne (Haute-)	Affinage au charbon de bois	»	»	»		30	2.218	»	
	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	962	»	2.656	»	399	»	1.161
Gironde	Affinage au charbon de bois	»	1.694	»		»	762	»	
Ille et-Vilaine	Réchauffage de vieux fers	»	462	»	462	»	530	»	530
Indre	Affinage au charbon de bois	»	115	»	115	»	164	»	164
Isère	Puddlage	»	465	»	465	»	296	»	296
	Réchauffage de vieux fers	»	4.841	291	7.727	»	1.827	72	4.299
Jura	Puddlage	»	2.595	»		»	2.400	»	
	Affinage au charbon de bois	32	8.062	6.360	22.020	57	5.211	3.620	16.488
	Réchauffage de vieux fers	»	183	300		»	438	118	
Landes	Puddlage	»	4.483	2.600		»	4.382	2.662	
	Affinage au charbon de bois	»	552	»	3.155	»	473	»	2.882
Loir-et-Cher	Réchauffage de riblons	»	2.603	»		»	2.409	»	
Loire	Puddlage	»	57	»	57	»	45	»	45
	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	34.971	14.008	55.054	»	28.922	9.428	43.867
Loire-Inférieure	Puddlage	»	6.075	»		»	5.517	»	
	Réchauffage de vieux fers	»	6.527	840	10.609	»	4.391	690	8.904
Maine-et-Loire	Réchauffage de riblons	»	3.242	»		»	3.823	»	
Marne (Haute-)	Puddlage	»	22	»	22	»	»	»	»
	Affinage au charbon de bois	»	67.435	3.313	70.912	»	63.666	3.237	66.903
Meurthe-et-Moselle	Puddlage	»	45	119		»	»	»	
Meuse	Puddlage	»	36.895	9.110	46.005	»	34.840	7.520	42.360
	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	16.652	»	17.524	»	13.949	»	14.134
Morbihan	Puddlage	»	872	»		»	185	»	
	Affinage au charbon de bois	»	»	4.030		»	»	2.088	
	Réchauffage de vieux fers	»	»	527	6.091	»	»	»	3.461
Nièvre	Puddlage	»	»	1.534		»	»	1.373	
	Affinage au charbon de bois	12	9.942	»		31	7.505	»	
	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	1.609	340	11.968	»	1.517	714	9.873
Nord	Puddlage	»	65	»		»	106	»	
	Affinage au charbon de bois	13.155	259.238	20.568	293.001	2.850	225.186	33.323	261.859
		»	40	»		»	»	»	

PRODUCTION DES FERS (*suite*).

DÉPARTEMENTS.	MODE DE FABRICATION DU FER.	1884 RAILS.	1884 FERS marchands et spéciaux.	1884 TÔLES.	1884 PRODUCTION totale.	1885 RAILS.	1885 FERS marchands et spéciaux.	1885 TÔLES.	1885 PRODUCTION totale.
		tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Oise	Puddlage	»	16.341	5.149	24.060	»	16.000	2.840	20.592
	Affinage au charbon de bois	»	610	673		»	602	395	
	Réchauffage de vieux fers	»	1.287	»		»	755	»	
Pas-de-Calais	Puddlage	»	»	»	313	»	239	»	301
	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	313	»		»	62	»	
Pyrénées-Orient	Affinage au charbons de bois (foyers catalans)	»	300	»	300	»	143	»	143
Rhin (Haut) (Territoire de Belfort)	Affinage au charbon de bois	»	1.602	»	1.602	»	1.068	»	1.068
Saône (Haute-)	Puddlage	»	»	80	1.150	»	»	»	1.228
	Affinage au charbon de bois	»	240	830		»	499	580	
	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	»	»		»	»	149	
Saône-et-Loire	Puddlage	28	36.724	11.435	51.048	53	37.363	10.276	49.322
	Affinage au charbon de bois	»	84	2.777		»	2	1.628	
Sarthe	Affinage au charbon de bois	»	84	»	84	»	57	»	57
Savoie	Idem	»	16	»	16	»	8	»	8
Savoie (Haute-)	Réchauffage de riblons	»	1.181	685	1.866	»	788	655	1.443
Seine	Puddlage	»	1.416	»	42.461	»	»	»	38.588
	Réchauffage de riblons	»	41.045	»		»	[illegible]	»	

Somme	Puddlage	»	2.461	»	2.461	»	[illegible]	»	[illegible]
	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	»	»		»	475	»	
Tarn	Puddlage	»	2.434	»	2.866	»	1.923	»	2.398
	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	432	»		»	475	»	
Vienne	Réchauffage de vieux fers	»	13	»	13	»	2	»	2
Vosges	Affinage au charbon de bois	»	338	1.678	2.016	»	135	1.665	1.800
Yonne	Puddlage	600	7.250	»	7.868	131	5.675	»	6.877
	Affinage au charbon de bois	»	18	»		»	»	»	
	Réchauffage de vieux fers	»	»	»		6	1.065	»	

RÉCAPITULATION.

Fer	Puddlé	15.668	633.583	105.590	754.841	4.698	563.266	94.426	662.390
	Affiné au charbon de bois	»	21.166	9.480	30.646	»	17.499	6.332	23.831
	Obtenu par réchauffage de vieux fers et riblons	»	79.364	11.900	91.264	36	75.408	9.634	85 078
	Totaux	15.668	734.113	126.970	876.751	4.734	656.173	110.392	771.299
Diminutions						10.934	77.940	16.578	105.452

OBSERVATION. — Les fers bruts ou massiaux transformés en produits marchands dans des départements autres que ceux où ils ont été fabriqués, ne figurent pas sur le tableau, afin d'éviter un double emploi.

PRODUCTION DES ACIERS.

DÉPARTEMENTS.	MODE DE FABRICATION DE L'ACIER.	1884 RAILS.	1884 ACIERS marchands.	1884 TÔLES.	1884 PRODUCTION totale.	1885 RAILS.	1885 ACIERS marchands.	1885 TÔLES.	1885 PRODUCTION totale.
		tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Aisne	Puddlage	»	»	»	»	»	»	265	265
Allier	Fusion au foyer Bessemer	80	»	»	6.499	90	»	»	6.775
	Fusion au four Siemens-Martin	10	5.724	685		»	4.900	1.250	
	Puddlage	»	»	»		»	535	»	
	Fusion au foyer Bessemer (procédé Thomas)	»	343	3.505		»	2.859	6.389	
	Fusion au four Siemens-Martin	»	60	»		»	»	1.181	
Ardennes	Puddlage	»	»	»	3.953	»	4	»	10.835
	Cémentation	»	4	»		»	4	»	
	Fusion au creuset	»	28	»		»	40	»	
	Réchauffage de vieil acier	»	13	»		»	»	358	
	Fusion au four Siemens-Martin	»	3 374	»		»	2.303	»	
Ariège	Puddlage	»	1.572	»	5.178	»	2.115	»	4.710
	Cémentation	»	178	»		»	243	»	
	Fusion au creuset	»	54	»		»	55	»	
Aube	Puddlage	»	»	»	»	»	1.335	»	1.335
Aveyron	Fusion au four Siemens-Martin	21.351	»	»	21.351	16.953	855	»	17.808
Côte-d'Or	Fusion au foyer Bessemer	»	50	»	1.19[illegible]	»	2	2	1.610
	Fusion au four Siemens-Martin	»	»	»		»	20	»	
	Affinage au charbon de bois	»	915	»		»	1.220	46	
	Cémentation	»	125	»		»	170	»	
	Fusion au creuset	»	100	»		»	150	»	
Côtes-du-Nord	Puddlage	»	20	»	24	»	15	»	17
	Cémentation	»	2	»		»	1	»	
	Fusion au creuset	»	2	»		»	1	»	
Doubs	Puddlage, affinage au charbon de bois	»	»	»	»	»	38	171	209
	Fusion au foyer Bessemer	43.374	266	»	[illegible]	33.277	2.969	10	[illegible]
Gard	Fusion au four Siemens-Martin	9.479	2.5[illegible]	»	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Garonne (Haute-)	Cémentation	»	123	»	123	»	78	»	78
	Fusion au four Siemens-Martin	»	2.386	»		»	1.757	»	
Isère	Puddlage	»	1.338	»	4.709	»	1.454	»	3.855
	Cémentation	»	410	»		»	203	»	
	Fusion au creuset	»	575	»		»	381	»	
Jura	Fusion au foyer Bessemer	»	»	»	»	»	760	426	1.186
Landes	Fusion au foyer Bessemer	27.333	»	»	27.333	25.500	»	»	25.500
Loire	Fusion au foyer Bessemer	18.386	1.232	954	67.141	1.102	1.335	186	53.756
	Fusion au four Siemens-Martin	647	21.940	11.228		6.795	16.845	12.270	
	Puddlage, affinage au charbon de bois.	»	4.117	»		»	3.429	»	
	Cémentation	»	1.336	»		»	5.975	»	
	Fusion au creuset	»	6.639	237		»	5.067	175	
	Réchauffage de vieil acier	»	425	»		»	577	»	
Loire-Inférieure	Fusion au foyer Bessemer	29.750	950	»	36.050	26.802	1.461	»	33.959
	Fusion au four Siemens-Martin	»	1.300	4.050		»	1.666	4.030	
Marne (Haute-)	Fusion au foyer Bessemer	»	»	»	»	»	»	155	155
Meurthe-et-Moselle	Fusion au foyer Bessemer (procédé Thomas)	52.564	9.414	»	63.724	37.272	24.424	»	63.218
	Puddlage	»	1.125	621		»	921	588	
	Fusion au creuset	»	»	»		»	13	»	
Meuse	Fusion au foyer Bessemer (procédé Thomas)	»	465	»	1.213	»	638	»	3.869
	Fusion au four Siemens-Martin	»	748	»		»	3.231	»	
Morbihan	Fusion au foyer Bessemer	»	»	195	1.550	»	»	»	4.000
	Fusion au four Siemens-Martin	»	»	1.355		»	»	4.000	
Nièvre	Fusion au four Siemens-Martin	»	1.845	902	3.051	»	1.067	444	2.043
	Puddlage	»	259	»		»	495	»	
	Fusion au creuset	»	40	5		»	33	4	
Nord	Fusion au foyer Bessemer	58.591	9.498	2.939	76.603	67.929	9.068	1.806	85.180
	Fusion au four Siemens-Martin	4.823	168	326		5.963	215	199	
	Cémentation	»	38	»		»	»	»	
	Fusion au creuset	»	220	»		»	»	»	
Oise	Fusion au four Siemens-Martin	»	330	3.932	4.262	»	460	2.417	2.877
Pas-de-Calais	Fusion au foyer Bessemer	54.051	»	»	54.051	73.330	»	»	73.330
Rhône	Fusion au foyer Bessemer	»	»	»	»	»	»	»	»
Saône (Haute-)	Puddlage	»	»	»	»	»	»	41	41

PRODUCTION DES ACIERS (*suite*).

DÉPARTEMENTS.	MODE DE FABRICATION DE L'ACIER.	1884. RAILS.	1884. ACIERS marchands	1884. TÔLES	1884. PRODUCTION totale	1885. RAILS.	1885. ACIERS marchands	1885. TÔLES	1885. PRODUCTION totale
Saône-et-Loire	Fusion au foyer Bessemer	47.485	2.940	954	65.859	49.007	3.000	»	78.209
	Fusion au four Siemens-Martin	»	14.474	»		»	14.592	10.620	
Savoie	Fusion au four Siemens-Martin	»	»	»	72	»	83	»	83
	Puddlage	»	72	»		»	»	»	
Seine	Fusion au foyer Bessemer	»	112	»	559	»	»	»	1.089
	Fusion au four Siemens-Martin	»	447	»		»	»	»	
	Réchauffage de vieil acier	»	»	»		»	1.089	»	
Tarn	Puddlage	»	1.115	»	1.696	»	834	»	1.302
	Cémentation	»	173	»		»	143	»	
	Fusion au creuset	»	408	»		»	415	»	
RÉCAPITULATION.									
Acier	Fondu au foyer Bessemer	331.614	25.276	8.547	365.437	315.209	45.616	8.074	369.880
	Fondu au four Siemens-Martin	36.310	56.394	22.478	115.182	40.910	50.057	36.532	128.300
	Puddlé et de forge	»	10.533	621	11.154	»	12.395	1.111	13.500
	Cémenté	»	2.389	»	2.389	»	6.877	»	6.877
	Fondu au creuset	»	8.066	242	8.308	»	6.155	179	6.334
	Obtenu par réchauffage de vieil acier	»	438	»	438	»	1.685	358	2.043
	Totaux	367.924	103.096	31.888	502.908	356.209	123.085	47.154	527.048
Diminution						11.715	»	»	»
Augmentations						»	[illegible]	[illegible]	[illegible]

NOTE
SUR LES CABLES AÉRIENS
ÉTABLIS
ENTRE VAJDA-HUNYAD ET VADUDOBRI
(COMITAT D'HUNYAD — TRANSYLVANIE.)

Par MM. BOCHET et LEBRETON, ingénieurs des mines.

Depuis plusieurs années, l'emploi des câbles aériens pour le transport des minerais a pris une grande extension. Les câbles des mines de fer de la région de Bilbao ont été l'objet de plusieurs descriptions dans divers recueils techniques. Ceux dont nous allons parler sont d'un système un peu différent, dû à M. Th. Obach, de Vienne, et de plus ils sont remarquables par la longueur de leur parcours. Ils sont établis entre l'usine à fer de Vajda-Hunyad, appartenant à l'État hongrois, Gyalar, centre de l'exploitation des minerais de fer, et Vadudobri, centre de production des charbons de bois consommés dans l'usine; la longueur totale de la ligne est de 31 kilomètres. Nous avons visité cette installation au mois d'août 1884.

Le terrain est beaucoup trop accidenté entre Vajda-Hunyad et Gyalar pour que l'on ait pu songer à établir un chemin de fer même à voie étroite. Les travaux d'art qu'il eût fallu exécuter et les rampes considérables qu'on eût dû subir en auraient rendu la construction et l'exploitation trop onéreuses. D'autre part, le transport par voitures sur une route sinueuse qui arrive à un dévelop-

pement de plus de 30 kilomètres pour 10 kilomètres à vol d'oiseau, et qui du reste, outre ses pentes excessives, est fort mal entretenue, était absolument inabordable pour une exploitation suivie, et l'on fut amené à étudier la question de l'établissement d'un transport sur câbles.

La Pl. IV donne (*fig.* 1 à 8) les profils des différentes sections de la ligne tracée en ligne droite entre Vajda-Hunyad et Gyalar, et entre Gyalar et Vadudobri.

La longueur totale de la ligne ainsi divisée se répartit ainsi qu'il suit :

1re section	4.320 mètres
2e —	5.347,5
3e —	3.603
4e —	1.882
5e —	4.291
6e —	4.276,5
7e —	4.418
8e —	2.404
Longueur totale. . . .	30.542 mètres

en chiffres ronds 31 kilomètres.

La ligne va constamment en montant, au moins dans son sens général jusqu'à Gruniului, pour redescendre ensuite de 95 mètres jusqu'à l'extrémité à Vadudobri.

La différence de niveau maximum ainsi rachetée est à Gruniului de 892 mètres pour une longueur de 28.138 mètres. La pente moyenne de la ligne est, d'après cela, 3,18, soit 3 à 3,20 p. 100; elle peut atteindre en certains points, tels que α, α_1, α_2, jusqu'à 13 et 15 p. 100. Cette raison, jointe avec la nécessité de fonctionner par tous les temps, n'a pas permis d'adopter un système aussi simple que le système Hodgson, par exemple, fonctionnant par simple adhérence au câble, mais soumis à de nombreuses incertitudes.

D'ailleurs la longueur absolument inusitée de la ligne

et ses changements de pente locaux si nombreux exigeaient l'emploi de moteurs, qu'on était d'ailleurs forcé de répartir sur la ligne, attendu qu'on ne pouvait pas songer à commander cet énorme développement de câbles avec une seule machine, et qu'on n'aurait pas pu non plus donner aux câbles une raideur suffisante sur une aussi grande longueur.

Cette considération de la raideur des câbles conduisit à admettre le principe de la division de la ligne en sections de 4 kilomètres en moyenne, soit huit sections pour toute la ligne, avec des relais de tension aux extrémités de chaque section.

Cela posé, les stations obligées de la ligne étaient, outre Vajda-Hunyad, Gyalar à $9^{km},667$ et Vadudobri à l'autre extrémité. Faire trois sections de Vajda-Hunyad à Gyalar eût été les réduire peut-être un peu trop; en n'en faisant que deux et en les faisant commander par la station intermédiaire, on évitait ainsi à Vajda-Hunyad pour la réception et à Gyalar pour l'expédition des minerais, l'encombrement des machines. Cette station intermédiaire est Catsenas. Elle possède deux machines à vapeur et deux chaudières verticales afin de pouvoir parer à toute éventualité et de ne jamais laisser l'usine privée de minerais pour cause de réparations aux machines.

De Gyalar à Vadudobri la ligne est beaucoup moins chargée, elle possède encore neuf stations et trois machines. Voici la répartition générale :

STATIONS motrices.	SECTION commandée.	LONGUEUR.	MACHINES.	CHAUDIÈRES.
		mètres		
Catsenas . . .	Vajda-Hunyad — Gyalar.	9.667,5	2	2
Ruda	Gyalar - Pojinitza.	5.485	1	1
Bunila	Pojinitza—Plaiului. . . .	8.567,5	1	1
Gruniului. . .	Plaiului—Vadudobri. . .	6.822	1	1
		30.542	5	5

Les quatre machines réunies qui mettent tout le système en mouvement représentent une force totale de 35 chevaux.

INSTALLATION DE LA LIGNE.

1° **Les câbles.** — Un système de ce genre exige pour une voie deux câbles, un câble porteur destiné à supporter le poids des bennes en mouvement sur la ligne et un câble moteur auquel les bennes sont fixées au moyen d'un système particulier. Les deux câbles qui correspondent à la même voie sont naturellement dans un même plan vertical. Comme il faut avoir nécessairement une voie pour les bennes pleines et une pour le retour des bennes vides, nous avons en tout quatre câbles.

Les deux câbles porteurs sont fixés par leurs extrémités aux deux stations extrêmes de la section et portent à chacune d'elles un contrepoids très lourd [suivant la longueur du câble, son rôle (voie des vides ou voie des pleins) et le nombre de bennes en circulation normale sur la ligne], de façon à leur donner la raideur nécessaire en même temps qu'une certaine élasticité pour obéir aux variations de position des charges en mouvement et aux dilatations ou contractions dues aux changements de température.

Les deux câbles moteurs n'en forment en réalité qu'un, qui est un câble sans fin. A la station motrice, il passe sur une grande poulie à gorge mise en mouvement par la machine, et à l'autre extrémité de la section sur une autre poulie à gorge portée par un châssis mobile sur des glissières et soumise à l'action d'un contrepoids qui donne du raide aux câbles et compense les variations dues aux changements de température.

Dans l'intervalle, les câbles porteurs sont soutenus de distance en distance par des potences, convenablement

espacées sur la ligne, qui les supportent sans les fixer toutefois, de manière à laisser aux contrepoids des extrémités toute leur action. Les câbles moteurs reposent simplement sur des rouleaux en bois portés par les mêmes potences, lorsque la flèche est suffisante pour le leur permettre. Mais, normalement, étant fixés aux bennes en circulation, ils sont relevés par elles et supportés en conséquence par les câbles porteurs en des points régulièrement espacés de 54 mètres entre Gyalar et Vajda-Hunyad où circulent le minerai et le charbon de bois, et de 134 mètres entre Gyalar et Vadudobri où ne circule que le charbon de bois.

Les câbles porteurs ont. . . .	26^{mm}	de diamètre
Les câbles moteurs ont. . . .	18	Id.

2° **Les potences ou supports des câbles.** — Les potences sont constituées par deux poteaux verticaux A, A (*fig.* 9, Pl. IV) (à Vajda-Hunyad ils sont en chêne ou en charme, que les forêts voisines traversées par la ligne ont fournis à bon marché) reliés l'un à l'autre en haut par deux entretoises horizontales B, B, et, au milieu à peu près, par une seconde entretoise CC.

Suivant la position de la potence et les efforts qu'elle aura à supporter on lui adjoindra facilement des contreforts latéraux, tels que M, N, P (*fig.* 10).

Aux entretoises B sont fixés deux petits montants D, D qui supportent eux-mêmes une traverse E aux deux extrémités de laquelle sont placées les poulies *p*, *p* de support du câble porteur, et, par-dessus, une pièce particulière *s* sur laquelle s'engagent les poulies porteuses de la benne qui vient à passer en ce point. Cette pièce *s*, dont le détail est donné par la *fig.* 11, est fixée au moyen d'une forte vis V qui lui permet toutefois un petit mouvement d'oscillation. Dès lors, lorsque la première poulie porteuse arrive sur le câble γ, par exemple

par la gauche, elle rencontre la flèche *t* qui s'abaisse sous l'effort; la roulette ρ écarte alors le câble de la poulie porteuse qui s'engage sur la pièce en forme de rail *r* (*fig.* 12) pour reprendre le câble après avoir dépassé le point de suspension.

Chaque potence porte en outre sur la traverse C deux rouleaux R sur lesquels repose le câble moteur lorsque sa flèche est assez considérable.

Ces potences sont de hauteur très variable, naturellement, suivant la place qu'elles occupent; elles peuvent aller facilement jusqu'à 6 et 7 mètres. Les pièces dont elles sont constituées varient un peu de dimensions suivant les efforts qu'elles auront à supporter.

Leur répartition sur la ligne n'a rien de constant, en raison des accidents si nombreux du profil. Il y a des endroits comme, par exemple, aux points α, α_1, α_2 du tracé, où l'on a mis l'une à côté de l'autre trois et quatre de ces potences pour résister à l'action considérable exercée par des portées de câbles atteignant 450 mètres.

3° **Les stations.** — Elles sont de deux types :

Les *stations motrices*, telles que Catsenas, Ruda, etc.

Les *stations d'échange*, telles que Pojinitza, Plaiului, etc.

a. *Stations motrices.* — Une station motrice est toujours à cheval sur les deux sections qu'elle doit desservir. A une telle station aboutissent les câbles moteurs de ces deux sections qui doivent y recevoir leur mouvement, et les extrémités des quatre câbles porteurs de ces deux sections.

Ces derniers passent sur des poulies verticales et supportent, au delà, de forts contrepoids P (*fig.* 13 à 15) constitués par des caisses en bois, remplies de pierres en quantité convenable, qui ont un libre parcours vertical.

Les câbles moteurs des deux sections passent tous les deux sur une même poulie horizontale à double gorge π (*fig.* 13, 15) dont le diamètre est égal à l'écartement des câbles, soit 2^m à $2^m,50$, et dont l'axe vertical, solidement fixé, traverse le bâtiment et reçoit son mouvement de la machine, située à l'étage inférieur, au moyen d'un renvoi conique.

Pour passer de l'une des sections à l'autre, la benne doit quitter le câble moteur. La manœuvre de décrochage s'opère automatiquement à l'arrivée, comme je le montrerai après avoir décrit le système au moyen duquel on fixe la benne au câble, et la benne qui a passé en même temps sur un petit appareil représentant exactement la moitié de la pièce *s* décrite au paragraphe précédent, continue son chemin sur des rails ρ qui prolongent cette pièce et forment une voie de garage. On peut, avec une légère inclinaison des rails, obtenir que la benne se transporte toute seule à l'autre extrémité du bâtiment où un ouvrier la reçoit pour l'accrocher de nouveau au câble de l'autre section et lui faire continuer son chemin dans le même sens.

Il faudra, dans ces conditions, deux ouvriers pour effectuer le transbordement, un pour chaque voie.

Pour une station motrice, il faudra en outre un homme à la machine et l'on peut admettre, je pense, qu'il fera à la fois office de chauffeur et de mécanicien.

b. *Stations d'échange.* — Elles ne diffèrent des précédentes qu'en ce que les câbles moteurs des deux sections, au lieu de recevoir un mouvement commun à la station, possèdent chacun leur mouvement propre, ce qui exige qu'ils aient chacun une poulie à gorge simple, comme la poulie du cas précédent, mais qui pourra être légèrement inclinée de façon à se rapprocher du plan de chacun des câbles moteurs. De plus, ces poulies, au lieu

d'être fixes, sont montées chacune sur châssis mobile avec contrepoids agissant sur l'ensemble, de manière à maintenir la tension et à compenser les dilatations (*fig.* 14).

La disposition des câbles porteurs n'a pas lieu d'être différente de celle du cas précédent.

Dans une station d'échange ordinaire et dans une station motrice, les rails d'évitement sont naturellement rectilignes et disposés dans le plan de chacune des voies, en prolongement des câbles porteurs qu'ils remplacent momentanément.

Toutefois, dans les stations motrices auxquelles on envoie de l'eau pour les chaudières dans de petits barils en tôle suspendus comme les bennes à minerais, on ménage une voie de garage spéciale, distincte de la précédente, et sur laquelle on engage les barils en amenant sur le câble porteur un raccordement mobile ayant une forme toute semblable à celle du raccordement de la voie de garage ordinaire.

Pour la station de Gyalar où se fait, outre l'échange du charbon, l'expédition du minerai dans des bennes plus petites que celles du charbon et exclusivement réservées à cet usage, on a disposé une voie de garage toute spéciale sur laquelle on engage les bennes vides destinées au minerai. Cette voie fait tout le tour du petit bâtiment et revient du côté de la voie des pleins, où elle passe devant une série de hottes fermant les trémies où on jette le minerai. C'est là que les bennes sont chargées pour passer ensuite sur les câbles au moyen du raccordement déjà mentionné.

Les bennes de charbon passent directement.

L'aménagement de la station de Vadudobri est analogue.

La gare de réception de Vajda-Hunyad est également conforme au type général, sauf que les bennes engagées sur une voie unique sont ensuite dirigées, suivant leur

contenu, sur l'une ou l'autre des deux voies qui en dérivent, pour revenir ensuite, après un parcours circulaire dans les magasins à charbon ou à minerai, où elles sont vidées, se réunir sur la voie unique qui aboutit à la voie de retour des vides.

Il suffit de mettre cette expédition des vides un peu plus bas que la réception des pleins pour pouvoir ménager des pentes légères qui permettent d'exécuter automatiquement tous ces transports intérieurs.

J'ajouterai d'ailleurs qu'à la réception est établi un compteur, analogue aux compteurs de tours des machines à vapeur, qui contrôle l'arrivée. Une disposition semblable, établie à Gyalar et à Vadudobri, permet un contrôle exact de tout l'ensemble.

Les croquis *fig.* 13 à 15, Pl. IV, indiquent approximativement les dispositions de ces stations.

MATÉRIEL.

Constitution d'une benne. — Le transport du minerai et du charbon de bois s'effectue dans des bennes ou corbeilles (*Korb*). La *fig.* 16 de la Pl. IV représente le croquis d'une de ces corbeilles. Elle repose sur le câble porteur par deux petites poulies à gorge *a*, *a*, dont les axes sont réunis entre eux par une pièce en fer B. Du milieu de cette pièce B partent deux cornières obliques D, D qui se recourbent ensuite verticalement lorsqu'elles sont arrivées à un écartement égal à la longueur de la corbeille. Ces montants se recourbent ensuite à angle droit pour venir supporter les coussinets de l'axe XY de la corbeille dans le plan vertical même des deux poulies *a*, *a*. L'axe XY est d'ailleurs placé un peu au-dessus du centre de gravité *g* de la corbeille, de façon à assurer à celle-ci un équilibre stable. Le système tout entier a ainsi son centre de gravité bien au-dessous du

câble porteur et se trouve par conséquent dans de très bonnes conditions d'équilibre. Les montants D, D sont reliés l'un à l'autre par les deux traverses E et FGH, entre lesquelles se trouve placée en P une pièce particulière dont la description va suivre immédiatement, et qui sert à fixer la benne au câble moteur.

Enfin la traverse E est reliée à la pièce B par un montant vertical *c*.

Assemblage de la benne et du câble moteur. — Cet assemblage est obtenu au moyen de la pièce P de la *fig.* 16.

La *fig.* 17 de la Pl. IV représente une projection verticale de cette pièce. Elle se compose de deux parties, dont l'une est fixe, l'autre mobile; ρ et ρ' sont des roulettes à gorge qui servent de guides au câble. Faisons une coupe en XY, nous aurons, comme le montre la *fig.* 18, dans chacune des pièces une section demi-circulaire, qui, à l'état de serrage, constituent un cercle complet autour du câble; de plus, les diamètres de ces sections vont légèrement en diminuant de *m* en *n*, de sorte que la réunion des deux parties, fixe et mobile, constituent en M, M, des passages tronconiques où s'engage le câble.

Sur le câble sont fixés, à égale distance les uns des autres, des manchons en acier μ un peu plus courts que l'intervalle des appendices MM, et dont le diamètre, notablement supérieur au diamètre du passage tronconique en *n*, est à peu près égal au diamètre en *m*, en sorte que ce manchon engagé entre MM ne peut plus en sortir une fois l'état de serrage obtenu.

Mais pour introduire le câble entre les deux mâchoires, il faut pouvoir les éloigner l'une de l'autre. Voici comment ce mouvement est obtenu.

Faisons une coupe dans la pièce par le plan vertical ZZ′ suivant l'axe.

La *fig.* 19 représente la coupe obtenue.

La mâchoire fixe G fait corps avec un arbre creux également fixe A, A, qui repose sur des coussinets placés en P entre les traverses E et FGH de la *fig.* 16.

La mâchoire G′, qu'il s'agit de rendre mobile, est fixée à l'extrémité d'un arbre plein A′, placé à l'intérieur de AA, et pouvant y glisser longitudinalement à frottement doux. Le déplacement longitudinal de cet arbre est obtenu, non au moyen d'une vis à pas allongé, comme dans le système Otto, mais au moyen d'un profil analogue à un profil de came. A cet effet, l'arbre A′ est muni à son extrémité et perpendiculairement à son axe de deux petites tiges diamétralement opposées (que j'ai supposées comprises dans le plan de la figure), portant à leurs extrémités deux sortes de boutons *t*, *t*, qui dépassent le renflement terminal de l'arbre AA et s'appuient sur la boîte cylindrique B qui recouvre le tout. Cette boîte porte à sa partie inférieure une gorge circulaire γγ, au moyen de laquelle elle repose sur deux saillies diamétralement opposées de l'extrémité de A, A (*fig.* 20), de manière à pouvoir sans difficulté tourner autour de l'axe du système.

Cette boîte porte sur sa surface cylindrique les deux profils sur lesquels roulent les boutons *t*, *t*.

La *fig.* 21 représente un de ces profils, l'autre tout semblable est diamétralement opposé. Il reste encore deux petits secteurs pleins du cylindre auxquels sont fixées deux poignées T, T′, au moyen desquelles on peut faire effectuer au cylindre une rotation sur lui-même de tout ou partie des secteurs embrassés par les profils de cames. On voit bien que, dans ces conditions, l'arbre A′ et par suite la mâchoire G′ subiront un déplacement partiel ou entier pouvant atteindre la hauteur *h* du plus haut point du profil de la came.

Les choses restant dans ces conditions, on pourrait

craindre que des causes accidentelles, peut-être même les trépidations seules du système, n'arrivassent à produire le mouvement de rotation de la boîte B et par suite le desserrage des mâchoires et le décrochage de la benne. Il est possible que les inconvénients du système Otto soient dus à quelque cause semblable.

Pour prévenir tout accident de ce genre, le système, une fois en état de serrage, y est maintenu d'une manière invariable au moyen de la petite tige verticale α, dont la pointe vient se loger dans une encoche *e* (*fig.* 20), pratiquée pour la recevoir dans le plateau qui termine l'arbre AA, au moment où les mâchoires M sont au contact (il est clair d'ailleurs qu'une fois la position de l'arbre A′ réglée, la position de serrage est elle-même complètement déterminée). Cette tige α étant invariablement liée à la boîte cylindrique B au moyen du petit manchon vertical *r* qui lui sert de guide, celle-ci ne pourra tourner sur AA qu'après qu'on aura soulevé la tige α. Or, celle-ci porte, à sa partie supérieure, une petite ouverture rectangulaire traversée par l'extrémité d'une petite pièce *s* assujettie à tourner autour du point fixe ω relié invariablement à la boîte B, et dont l'autre extrémité est liée de la même manière à la tige β, placée dans l'axe du système, laquelle est soumise au moyen d'un petit épaulement ε à l'action d'un ressort à boudin ρ logé dans l'axe de l'arbre A′ légèrement excavé dans ce but. De cette façon la tige β et la pièce *s* transmettent à la tige α l'action du ressort ρ, qui a pour effet de la maintenir dans son encoche une fois qu'elle y a pénétré. Pour l'en faire sortir et pouvoir faire tourner B, il suffit d'appuyer sur la tête de la tige β qui dépasse légèrement le couvercle de la boîte B et d'imprimer en même temps le mouvement de rotation aux poignées T, T′.

La boîte B est entièrement fermée par deux portions de surface cylindrique en tôle correspondant aux secteurs

évidés qui portent les cames, et vissées par dessus, de manière à soustraire complètement l'intérieur aux poussières et aux différentes causes de détérioration.

FONCTIONNEMENT.

1° **Réception des bennes.** — *Décrochage automatique aux stations.* — D'après ce qui précède, pour obtenir un décrochage automatique, il faudra réaliser deux conditions :

1°) Une pression sur la tête de la tige β qui fasse sortir α de son encoche et rende la liberté à B.

2°) Une rotation de B qui transporte les points les plus hauts 2, 2′ du profil de la came (qui correspondent à la position d'ouverture des mâchoires) sous les boutons *t t* fixes qui se trouvent, en marche, aux points les plus bas 1, 1′. Il faut donc donner à B une rotation dans le sens 2 1 2′ 1′ (*fig.* 21).

La *fig.* 22, Pl. IV, donne un croquis de la disposition d'arrivée à une station. Les flèches indiquent le sens de la circulation. Le câble porteur s'engage sur une pièce de charpente *p* (*fig.* 15), où il est remplacé par des rails porteurs comme il a déjà été dit plus haut. Dans un plan parallèle au plan de la voie aérienne se trouvent deux poutrelles horizontales, l'une C à la hauteur du câble porteur γ, l'autre C′ à la hauteur du câble moteur γ′. Il faut qu'il y ait entre *p* et C passage pour toute la partie supérieure du support de la benne. La pièce C′ est un peu en retrait de façon à ne pas gêner le passage de γ′, mais sa distance à γ′ est un peu inférieure à la largeur *l* de la partie saillante du système d'accrochage (*fig.* 19, Pl. IV), en sorte qu'une benne arrivant dans le sens de la flèche ne pourra passer que si la tête de la tige β s'efface dans la boîte B. Pour éviter les chocs et les accrochages, la poutrelle C′ a été légèrement taillée, de manière à pré-

senter un plan incliné sur lequel monte l'extrémité de la tige β. Enfin on a réduit le frottement en recouvrant cette partie de C′ d'une plaque de tôle au contact de laquelle s'effectue le passage. La première condition est donc ainsi remplie.

Pour réaliser la seconde, on a établi sur les deux pièces C, C′ deux ressorts R, R′ sur lesquels monte la manette τ de la poignée T. L'écartement des ressorts est réglé de telle façon que la manette rencontre en arrivant la partie coudée du ressort R contre laquelle elle s'arrête ; le mouvement de translation continuant, elle se trouve obligée de prendre un mouvement de rotation (maintenant possible) qui l'amène dans la position 2. On voit au moyen des chiffres (1′, 1, 2, 2′) qui correspondent à ceux de la *fig.* 21 que les boutons *tt* sont actuellement aux points les plus hauts des profils et que le desserrage est obtenu. Dès lors, la manette peut passer librement en infléchissant légèrement le ressort R′, et la benne se trouve maintenant libre sur les rails qui ont remplacé le câble porteur.

Ajoutons d'ailleurs qu'aux stations d'arrivée (Gyalar, Vajda-Hunyad) le ressort R′ porte un index qui permet d'enregistrer ses inflexions (et par suite le nombre de bennes) au moyen d'un compteur de tours.

2° **Expédition des bennes.** — *Réaccrochage au câble moteur.* — L'ouvrier chargé de cette manœuvre reçoit les bennes qui lui arrivent sur les rails porteurs, le système d'accrochage ouvert, c'est-à-dire dans la position II de la *fig.* 22. Lorsque le système a été fermé, l'ouvrier fait lui-même la manœuvre d'ouverture de manière à obtenir la position II, c'est-à-dire le maximum d'écartement des mâchoires. Sur la *fig.* 22 de la Pl. IV, I représente cette position d'arrivée (circulation dans le sens de la flèche). L'ouvrier amène alors la benne de manière à pouvoir intro-

duire le câble moteur entre les mâchoires ouvertes de la griffe et cela en un point quelconque du câble. Agissant alors légèrement sur la poignée T′, il détermine une rotation dans le sens de la flèche qui amène sous les boutons *tt* les points intermédiaires 3, 3′ des profils de came. Dans cette position la fermeture n'est pas complète, mais les mâchoires sont assez voisines pour que, en M, M, les passages tronconiques dont il a été question aient leurs sections en *n*, *n′* assez étroites pour ne pas laisser passer les manchons en acier μ. Les poignées T, T′ sont, dans cette position, sensiblement verticales (II, *fig.* 23). Alors dès qu'un de ces manchons μ va se présenter à l'entrée du premier passage M, dans le sens de sa marche, il s'y engagera (le diamètre en *m* étant alors un peu supérieur à celui du manchon) et soulèvera dans son passage tout le système de la mâchoire mobile (les boutons *tt* peuvent, en effet, se déplacer suivant les génératrices du cylindre B), de facon à arriver entre les deux passages M; mais ici se présente à lui une section *n* de diamètre inférieur au sien qu'il ne peut pas franchir. Dès lors, il entraîne avec lui tout le système. L'ouvrier le suit, tenant de la main droite (d'après la figure, il serait plus commode pour l'ouvrier de se servir de la main gauche), l'extrémité de la poignée T′ jusqu'à ce qu'il soit arrivé à la limite de la station, et, au moment d'abandonner définitivement la benne à elle-même, il retient un instant de la main la poignée T′, de façon que, le mouvement de translation continuant, elle est obligée d'effectuer une légère rotation qui l'amène dans la position III de fermeture complète, celle dans laquelle elle arrivera à la station suivante, qui est la position I de la *fig.* 22.

Cette opération se fait rapidement, sans difficulté et n'exige de la part de l'ouvrier ni une bien grande attention, ni une intelligence bien développée.

Pour les stations d'envoi telles que Vadudobri et Gya-

lar, on contrôle le nombre des bennes expédiées au moyen d'un compteur de tours. Au moment de quitter la station, la manette passe sur un léger ressort disposé à portée. Ce ressort s'infléchit facilement, et ses inflexions, transmises par un index à un compteur de tours, sont enregistrées exactement.

D'après cela, le système Obach paraît assez compliqué. Il l'est, à première vue, plus que les systèmes ordinairement employés, que le système Blücher, par exemple. Toutefois, en examinant ce dernier, on s'aperçoit facilement qu'un certain nombre des pièces qui le composent, en particulier la griffe mobile qui s'appuie sur le câble, doivent arriver à une détérioration rapide, ce qui n'existe pas dans le système Obach. D'ailleurs, le mouvement de bascule que le premier est obligé de prendre tout entier autour de son axe ne paraît guère favorable à sa conservation. Les données pratiques nous manquent, pour l'un et pour l'autre, pour pouvoir établir une comparaison.

RÉSULTATS OBTENUS.

Prix de la tonne kilométrique. — Les quelques chiffres que nous avons pu recueillir sont malheureusement beaucoup trop peu nombreux pour que nous en puissions tirer quelque déduction certaine. Aussi nous contenterons-nous de les donner, à titre de simple note, sans en garantir, au delà d'une certaine limite, l'exactitude, attendu qu'ils nous ont été donnés de la même manière.

Lorsque, en effet, nous étions à Vajda-Hunyad, le *Drahtseilbahn* ne fonctionnait que depuis fort peu de temps (trois ou quatre semaines au plus). La maison Obach, qui s'était chargée de sa construction, ne l'avait même pas encore livré, et l'on se trouvait encore dans la période des premiers essais où l'on fait les corrections, les changements et les réparations nécessaires. Le trans-

port du minerai et du charbon était en train avec les ouvriers de la maison Obach, à qui l'usine payait le transport suivant tarif fixé d'avance.

Voici quels sont ces chiffres :

Installation complète de la ligne, matériel, etc.

Prix de tout l'ensemble.	560.000 florins
payables en douze ans.	
Soit 1.176 000 francs (1 florin = 2f,10) pour 31 kilomètres, soit, le kilomètre, 38.000 francs.	
Heures de travail	10 pouvant aller à 16 en été

Marche.

Nous avons compté que les arrivées des bennes étaient séparées par des intervalles de 45 secondes, leur distance étant 54 mètres, il en résulte une vitesse de.			1m,20
Nombre de bennes à l'heure.		80,0	
—	de charbon à l'heure	32,2	distance 134 mèt. Vitesse 1m,20
—	de minerais à l'heure	47,8	
Soit par journée de 10 heures.	Charbon.	322 benn.	= 1.600 hectol. env.
	Minerai.	478	= 1.600 quint. env.

Les bennes à charbon renferment 5 hectolitres de charbon. Les bennes à minerai en contiennent 3 quintaux.

La benne vide pèse environ 200 kilogr.

Enfin, le prix payé à l'entrepreneur pour le transport, pendant la période de mise en marche, était de 5 kreutzer par quintal de minerai, et de 4 kreutzer par hectolitre de charbon. Dans ces prix n'entrent aucun intérêt ni amortissement.

Le prix de 5 kreutzer le quintal de minerai transporté de Gyalar à Vajda-Hunyad, soit à 10 kilomètres, fait ressortir la tonne kilométrique à 5 kreutzer ou 0f,105.

Le prix de 4 kreutzer l'hectolitre de charbon ou de 20 kreutzer le quintal (5 hectol. = 1 quint.) pour 30 kilomètres, fait ressortir la tonne kilométrique à 6kr,6 ou 0f,138.

A ces chiffres, que nous pouvons considérer comme représentant les frais d'exploitation de la ligne, il faudra

ajouter pour avoir le prix de revient, lorsqu'elle aura été livrée à l'usine, l'intérêt et l'amortissement du capital de premier établissement, calculé de façon à obtenir l'amortissement en douze ans.

On trouve facilement que l'annuité doit être de 133.700 francs.

Admettons 360 jours de travail dans l'année, la répartition de l'annuité précédente donne pour un jour 371 francs.

Ces 371 francs portent sur 800 bennes, il faut donc attribuer à chaque benne une part proportionnelle de 0f,463.

Une benne de minerai contenant 300 kilogr. de minerai transportés à 10 kilomètres, on a pour le quintal transporté à 10 kilomètres ou pour la tonne kilométrique de minerai un supplément à ajouter de 0f,154.

Nous avions déjà trouvé précédemment 0f,105 comme dépense d'exploitation.

Le prix de revient total de la tonne kilométrique de minerai sera donc de 0f,259.

De la même manière, une benne de charbon de bois contient 1 quintal de charbon transporté à 30 kilomètres. Nous devrons donc attribuer à la tonne kilométrique de charbon un supplément de 0f,154 également, et, comme nous avions eu déjà 0f,138, le prix de revient complet du transport d'une tonne kilométrique de charbon de bois sera 0f,292.

Il faudrait ajouter à ces chiffres les frais d'entretien et de renouvellement du matériel que la maison Obach n'a sans doute pas comptés dans une exploitation temporaire aussi courte qu'une période d'essais et de mise en train.

Ces frais doivent être assez considérables puisqu'il y a constamment 674 bennes en circulation sur la ligne (240 de minerai et 434 de charbon) et qu'il doit y en avoir encore une certaine quantité en réserve.

Nous ne possédons malheureusement aucune donnée qui nous permette de faire une évaluation quelconque de ces frais.

D'autres frais, considérables aussi, viendront de l'entretien et du remplacement des câbles. Si leur durée n'est que d'un an en moyenne, comme à Bilbao d'après M. Revaux (*Génie civil*, t. III, p. 301), cela constituera des frais très considérables et une charge énorme qui pèsera lourdement sur le prix de revient de la tonne kilométrique.

On peut évaluer approximativement l'importance de cette dernière charge en supposant un renouvellement annuel des câbles.

Les câbles porteurs représentent une longueur totale de 63.000 mètres (avec un supplément de 1.000 mètres pour les stations). Admettons le poids de $2^{kg},40$ le mètre courant, que je prends dans l'*Aide-mémoire* de Uhland, page 89, pour les câbles de 26 millim.

Ils représentent donc un poids total d'environ $151^{t},5$.

Les câbles moteurs, au diamètre de 18 millim., représentent un poids de ($1^{kg},07$ le mètre courant) $67^{t},5$.

Soit en tout 219 tonnes; chiffres ronds 220 tonnes.

La tonne de câble en acier vaut environ 3.000 francs; le remplacement des câbles coûtera donc 660.000 francs. Admettons que les câbles hors de service puissent être revendus ou réutilisés en partie, et que cela représente 20 p. 100 de leur valeur primitive; il restera encore à payer par an 538.800 francs; soit, chiffres ronds, 540.000 francs.

Pour 360 jours de travail, la répartition donne 1.500 francs par jour, qui portent sur 800 bennes.

Pour une benne, on aura $1^{f},875$.

Et pour une tonne kilométrique (de minerai ou de charbon) $0^{f},625$.

Enfin, il faudrait ajouter encore quelque chose pour

l'entretien et les réparations du matériel (déjà payé dans le prix total). Comptons, par exemple, 10 p. 100 de la valeur.

Il y a 674 bennes en circulation ; avec les réserves, etc., on peut compter, en tout, 750.

Admettons le poids de 200 kilogr. par benne, le poids total de ce matériel est 150 tonnes.

Prenons le prix de 300 francs pour la tonne de fer ouvré. La valeur totale du matériel est ainsi de 45.000 francs, dont l'intérêt à 10 p. 100 est 4.500 francs.

Il en revient à chaque jour de travail une part de 12f,50.

Et à chaque benne 0f,0156.

Donc par tonne kilométrique 0,0052.

Récapitulation. — Prix de revient de la tonne kilométrique :

	MINERAI. francs	CHARBON. francs
Frais d'exploitation (prix payé à l'entrepreneur actuellement)	0,105	0,138
Intérêts et amortissement du capital de premier établissement	0,154	0,154
Frais de remplacement annuel de câbles supposés conservant 20 p. 100 de leur valeur primitive	0,625	0,625
Entretien et réparation du matériel	0,0052	0,0052
Totaux	0,8892	0,9222

Tels sont les prix auxquels on arrive pour le transport d'une tonne kilométrique de minerai ou de charbon. Nous avons fait diverses hypothèses que nous croyons plausibles. Nous n'avons malheureusement pas pu avoir de renseignement plus précis.

Quoi qu'il en soit, ce prix, bien qu'élevé, est encore beaucoup inférieur à celui de 1f,40 à 1f,80 la tonne kilométrique, que M. Haton de la Goupillière cite (*Traité d'exploitation*, t. I, p. 642), comme prix de revient du charretage à bœufs à Bilbao, et qui doit être bien

voisin de celui qu'on obtenait à Vajda-Hunyad dans les transports par voiture.

Il est à remarquer que le prix de revient baissera sensiblement en été quand on fera 16 heures de travail et qu'on fera porter les intérêts divers sur 1.280 bennes au lieu de 800. Nous avons dû établir nos calculs sur les données que nous avions pu recueillir. La ligne en question étant d'installation trop récente et n'ayant encore fonctionné que pendant quelques semaines, nous manquions d'éléments pour établir un nombre moyen de bennes transportées par jour, applicable à toute l'année, en tenant compte des différences entre le trafic d'été et le trafic d'hiver.

LÉGENDE DE LA PLANCHE IV.

Fig. 1 à 8. — Profils des diverses sections de la ligne.
Fig. 9 et 10. — Vues de face et de côté d'une des potences servant de supports aux câbles.
Fig. 11 et 12. — Élévation et coupe à grande échelle de la pièce *s* de la figure précédente.
Fig. 13. — Disposition en plan d'une station motrice.
Fig. 14. — Id. id. d'échange.
Fig. 15. — Coupe en long d'une station motrice.
Fig. 16. — Vues de face et de profil d'une benne.
Fig. 17. — Vue de bout de l'appareil d'accrochage au câble moteur.
Fig. 18. — Coupe par XY de la figure précédente.
Fig. 19. — Coupe (à échelle double) par ZZ' de la *fig.* 17.
Fig. 20. — Coupe par VV' de la figure précédente.
Fig. 21. — Élévation et plan de la boîte B de la *fig.* 17.
Fig. 22. — Réception des bennes à une station.
Fig. 23. — Départ des bennes d'une station.

TABLE DES MATIÈRES.

Pages

TRACÉ DE LA LIGNE 185

INSTALLATION DE LA LIGNE. 188

1° Les câbles. 188

2° Les potences ou supports des câbles. 189

3° Les stations. 190

a) Stations motrices 190

b) Stations d'échange. 191

MATÉRIEL. 193

Constitution d'une benne. 193

Assemblage de la benne et du câble moteur. 194

FONCTIONNEMENT 197

1° Réception des bennes. 197

2° Expédition des bennes 198

RÉSULTATS OBTENUS 200

Prix de la tonne kilométrique. 200

Récapitulation. 204

LÉGENDE DE LA PLANCHE IV. 205

DE L'ÉTUDE
DES MOUVEMENTS DE L'ÉCORCE TERRESTRE

POURSUIVIE PARTICULIÈREMENT

AU POINT DE VUE DE LEURS RAPPORTS

AVEC LES DÉGAGEMENTS DE PRODUITS GAZEUX

Compte rendu d'une mission donnée
par M. RAYNAL, Ministre des Travaux publics,
à M. B. DE CHANCOURTOIS, inspecteur général,
assisté de MM. CH. LALLEMAND et G. CHESNEAU, ingénieurs
au corps des mines (*).

INTRODUCTION.

Ce travail, dans lequel nous comprendrons, sous les dénominations de *phénomènes sismiques* et de *sismologie* (**), l'ensemble de tous les mouvements du sol et leur étude, a eu pour point de départ la note suivante, que M. de Chancourtois a adressée à l'Académie des sciences, à la suite de nombreux coups de grisou qui s'étaient succédés rapidement dans les exploitations houillères, en France et à l'étranger :

« *Sur un moyen de prévoir les dégagements de*

(*) Le voyage en Italie autorisé le 5 mai 1883 fut terminé le 30. La publication du compte rendu de la mission a été longtemps retardée par suite de la maladie et du décès de l'un des principaux constructeurs des instruments qui avaient été commandés à Rome afin de procéder dans le nord de la France à quelques essais des méthodes italiennes avant d'en préconiser l'usage.

(**) De *seismos :* tremblement de terre.

grisou (*). — Il est naturel de penser que les dégagements qui occasionnent des séries de coups de grisou, se succédant comme des feux de file dans des localités souvent d'ailleurs assez éloignées, résultent de petites crises qui ne peuvent manquer de se produire dans le jeu de l'écorce terrestre, tendant continuellement à perdre de son étendue, et auxquelles on doit aussi rattacher les séries de tremblements de terre.

« J'ai cette idée depuis longtemps, car je me souviens en avoir parlé à M. Combes à l'occasion d'une suite de graves accidents, qui, d'après ce souvenir, remontent à plus de dix ans.

« Mais, à cette époque, l'idée en crédit et que M. Combes m'opposa immédiatement était celle de l'influence des dépressions barométriques, influence qui, je dois le dire en passant, quoique maintenant en défaveur, n'en constitue pas moins, à mon avis, un facteur dont on ne doit pas négliger la considération.

« Je ne voyais d'ailleurs dans l'observation méthodique des coups de grisou qu'un moyen de rattacher les crises de l'écorce aux fractures que décèlent à la surface du sol diverses sortes de faits géologiques ou simplement orohydrographiques, et la détermination de ces rapports était seulement un objet à joindre à ceux en vue desquels je continue à poursuivre le développement de la Cartographie en projection gnomonique, où les traces des plans diamétraux qu'adoptent principalement les fractures sont représentées par des lignes droites.

« Les perfectionnements des observations sismographiques principalement poursuivis en Italie, dont j'ai eu l'occasion d'apprécier déjà tout l'intérêt en 1881, lors du Congrès de Géologie tenu à Bologne, et l'extrême sûreté

(*) Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des sciences* (séance du 1er avril 1883).

des procédés que M. d'Abbadie, promoteur de ces études, et M. Bouquet de la Grye emploient pour constater les petits mouvements de l'écorce terrestre, m'ont fait entrevoir la possibilité de tirer de ce genre d'observations un moyen pratique de prévoir, dans une certaine mesure, les dégagements de grisou. Les accidents désastreux qui se sont produits, en série, dans ces derniers temps, me déterminent à ne pas tarder plus longtemps à appeler l'attention sur cette possibilité.

« Je pense que des appareils sismographiques installés à portée des exploitations houillères, annonçant les recrudescences d'activité dans ces mouvements intérieurs des terrains, pourraient fournir des avertissements d'après lesquels on redoublerait de surveillance et de précautions, et ce premier pas serait sans doute suivi de pas plus importants dans la voie de la prévision.

« Assurément il peut se passer longtemps avant que la corrélation des mouvements de l'écorce et des dégagements de grisou soit établie d'une manière tout à fait satisfaisante, mais ce n'est là qu'une raison de plus pour ne pas différer l'entreprise des études.

« La rapidité avec laquelle les observations météorologiques ont conduit à des prévisions précieuses concernant les mouvements de l'atmosphère peut d'ailleurs faire espérer que des observations, qui en seraient pour ainsi dire la contre-partie et pourraient être facilement multipliées dans les mêmes observatoires, arriveraient assez promptement à donner des résultats utiles. »

Cette note fut soumise, par son auteur, à M. Raynal, Ministre des Travaux publics, avec la proposition d'envoyer une mission en Italie, pour recueillir *de visu* tous les renseignements sur les méthodes d'observation mises en pratique dans ce pays et sur les résultats obtenus.

M. Raynal, dans sa sollicitude pour la sécurité des

mineurs, ne voulant négliger aucune chance d'obtenir des moyens de les mettre, autant que possible, en garde contre le terrible fléau qui les menace constamment, et appréciant d'ailleurs l'intérêt que présenterait à tous égards l'établissement en France d'un système d'observations sismologiques, voulut bien approuver le projet de mission et, sur la demande de M. de Chancourtois, lui adjoignit, pour le réaliser, MM. Lallemand et Chesneau. L'organisation administrative de la mission fut promptement faite par le concours bienveillant de M. Gouzay, directeur du secrétariat et du personnel, et de M. Leblanc, directeur des routes, de la navigation et des mines. Son itinéraire put être très promptement tracé, grâce à l'extrême obligeance de M. l'Inspecteur en chef des mines, Giordano, qui, ayant dans ses attributions, avec la direction générale des services minéralogiques administratifs de l'Italie, celle des travaux géologiques, auxquels se rattachent naturellement les études sismologiques, a bien voulu nous désigner parmi les stations d'observation, qui étaient déjà au nombre de plus de cinquante, celles qui devraient nous intéresser particulièrement, et ensuite nous a mis en rapport avec M. le professeur Michele Stefano de Rossi, directeur spécial du service de systématisation institué à Rome près du Comité géologique, sous le titre d'*Osservatorio ed Archivio centrale geodinamico.*

Nous devons de grands remerciements à M. de Rossi, qui nous a fait profiter, dans de nombreuses conférences à l'Observatoire sismographique de Rome, de toutes les connaissances qu'il a acquises, tant en poursuivant avec une rare énergie l'organisation régulière des études géosismiques, qu'en faisant, par ses travaux personnels, progresser les moyens d'observation et les déductions à tirer de leurs résultats.

Après M. Giordano et M. de Rossi, nous devons mentionner, comme ayant droit aussi à toute notre gra-

titude, les directeurs d'observatoires locaux et leurs collaborateurs, qui nous ont partout accueillis de la manière la plus cordiale, comme aussi les savants italiens spécialement adonnés à la sismologie, que nous avons visités à titre particulier. Tous, par leurs communications aussi libérales qu'instructives sur les progrès considérables déjà réalisés ou simplement projetés, nous ont largement facilité l'accomplissement de notre mission.

Ce sont : à Naples et au Vésuve, le professeur Palmieri, fondateur du premier observatoire sismographique;

A Florence, le professeur P. Bertelli (collège de la Querce), et le professeur P. Cecchi (Osservatorio Ximeniano);

A Moncalieri, le professeur P. Denza;

A Turin, le professeur Uzielli;

A Gênes, le professeur Issel;

A Velletri, le professeur I. Galli;

A Vérone, le professeur Goïran;

A Venise, le professeur Tono;

A Bologne, le Cte Malvasia, le chanoine Carturegli et l'ingénieur Tiraferri;

A Livourne, le professeur Monte;

A Catane et à l'Etna, le professeur Silvestri et le professeur-adjoint Speciale.

Nous avons regretté que le défaut de temps ne nous ait pas permis de conférer avec les professeurs Menachini et Mugna, aux observatoires de Viterbe et de Forli, que nous désirions aussi visiter.

Nos remerciements constituent une énumération de nos sources d'informations orales et *de visu*. Il nous parait convenable de la faire suivre de la bibliographie des principales publications que nous avons dû consulter à titre de documents spéciaux.

Bien que, en Italie, les préoccupations soient naturellement portées plutôt sur les mouvements du sol en eux-

mêmes que sur les dégagements gazeux qui peuvent en résulter, tous les documents sismologiques italiens présentaient un grand intérêt pour le but spécial de notre étude.

Nous devons, du reste, en parlant de ceux dont nous avons pris connaissance dans notre voyage, nous empresser de constater que l'influence probable des mouvements de l'écorce sur les dégagements de grisou, avait été signalée par le P. Bertelli et le professeur de Rossi, avant la présentation de la note reproduite plus haut. Bien que l'idée lui en fût venue spontanément, M. de Chancourtois ne prétend nullement constituer en un droit de priorité pour cette idée le résultat d'un simple défaut d'information; il a été, au contraire, très heureux, en apprenant qu'il avait été devancé dans ses spéculations par des savants si hautement et si spécialement autorisés (*).

(*) L'influence des mouvements de l'écoree terrestre sur les dégagements de grisou a été discutée pour la première fois d'une façon précise dans un article du journal anglais *The Engineer*, du 17 décembre 1875, intitulé *The Late Colliery Explosion*, et que M. de Rossi cite dans son *Bulletino del Vulcanismo italiano* (année 1875, septembre à décembre); les conclusions de cet article sont les suivantes : « Il est difficile de révoquer en doute que les mouvements de l'écorce terrestre, si faibles qu'ils soient, puissent produire des changements momentanés ou permanents dans la pression des matériaux constituant les mines de houille, ou bien disloquer le charbon lui-même d'une façon trop faible pour attirer l'attention des mineurs, mais suffisante pour modifier la diffusion du gaz inflammable dans sa masse...

« D'après les recherches de Perrey et d'autres sismologues, il est probable que les grands mouvements de l'écorce terrestre, c'est-à-dire les tremblements de terre, se produisent plus souvent l'hiver que l'été; on peut en conclure que les petits mouvements du sol sont vraisemblablement soumis à la même loi, qui s'appliquerait aussi aux accidents de grisou, mais nous ne pensons pas qu'il soit prouvé que les explosions de grisou en Angleterre soient plus fréquentes en hiver que dans d'autres saisons. »

On verra plus loin (p. 256) que, d'après le relevé que nous avons fait des accidents de grisou en France et en Prusse, la répartition par mois des mouvements microsismiques et des explosions de grisou est tout à fait comparable.

Parmi les documents à consulter, nous devons citer :

1° Le *Bulletino del Vulcanismo italiano*, recueil périodique, dont M. de Rossi a inauguré la publication en 1874, et où la sismologie a pris un rôle de plus en plus important par les mentions des travaux de tous les savants qui s'occupaient de ce sujet. La publication de ce bulletin, commencée à titre privé, est maintenant continuée par le service central de Rome.

2° Le *Bulletino decadico*, qui donne, par fascicule de dix feuilles quotidiennes, au moyen d'un figuré géographique conventionnel, le relevé des observations sismiques dans toute l'Italie.

3° La *Meteorologia endogena*, en deux volumes publiés à Milan (le premier en 1879, le second en 1882), ouvrage dans lequel M. de Rossi a réuni les principes et les moyens d'application acquis dans le domaine de la sismologie, en Italie et à l'étranger. Le titre de cet ouvrage indique qu'il traite des phénomènes subcorticaux, dont l'étude constitue une sorte de contre-partie de la météorologie proprement dite ou extérieure. Ce titre trouve sa justification dans l'analogie des genres d'observations, qui a conduit tout naturellement à installer les appareils sismiques dans les observatoires météorologiques, antérieurement fondés, et à combiner les deux services.

4° L'*Italia, su vulcani e terremoti*, par M. Gatta (Milan, 1882).

5° L'ouvrage intitulé *Vulcani e fenomeni vulcanici in Italia*, par M. Mercalli (Milan, 1883), qui forme le troisième volume du traité de géologie générale, dont le premier est dû à M. Negri et le deuxième au professeur Stoppani.

6° Le traité intitulé *Le Oscillazione lente del Suolo o Bradidismi*, par le professeur Issel (juin 1883).

Parmi les documents originaux de détail auxquels il peut être intéressant de se reporter, nous citerons :

Plusieurs notes du P. Bertelli, publiées à Rome, notamment dans les *Atti dell' Academia Pontificia dei nuovi Lincei*, savoir :

— *Osservazioni microsismiche al collegio della Querce di Firenze nel annuario meteorico*, 1873, publiée à Rome en 1874;

— *Della realta dei moti microsismichi nel collegio della Querce*, 1873-1874;

— *Riassunto delle osservazioni microsismiche*, 1878;

— *Nuovo avisator sismico*, 1881.

Plusieurs notes du P. Cecchi.

— L'ouvrage du professeur Mugna, intitulé : *Lo studio e la predizione dei fenomeni sismichi mediante el ascoltatore endogeno*, publié en 1880, à Forli;

— La partie concernant les tremblements de terre de la région de Bologne, de l'ouvrage du professeur Bombicci intitulé l'*Appennine bolonese* (1881);

— Une note du professeur Galli, sur un *Nuovo sismografo*, publiée à Rome en 1879;

— Des considérations du professeur Uzielli, sur les oscillations terrestres, insérées aux Comptes rendus de l'Académie de Turin.

En quittant l'Italie, le chef de la mission a visité les établissements scientifiques de la Suisse, où l'on a organisé une étude systématique des tremblements de terre. Il a pu conférer à Berne avec le professeur Forster, président de la Commission; à Zurich, avec le professeur Heim, auteur du mémoire général, par lequel la fondation de l'œuvre a été provoquée et qui est resté chargé d'en centraliser les résultats; enfin, à Morges, avec le professeur Forel, l'un des commissaires locaux. Les autres commissaires sont :

MM. Amster-Laffon (Schaffouse); Belviller (Zurich); Bischoff (Bâle); Soret (Genève).

L'organisation suisse n'avait pas encore attaqué le

domaine des observations microsismiques auquel confinent cependant les études de M. Plantamour sur les déplacements de la bulle d'air dans les niveaux (Comptes rendus de l'Académie des sciences 1870 et 1881). Toutefois, le gracieux accueil de ces messieurs n'a pas été sans utilité pour nous.

Au retour de notre mission, avant d'en déduire les résultats conclusifs, nous avons voulu compléter nos connaissances sur la question, en nous reportant aux travaux effectués dans divers pays sur les mouvements de l'écorce terrestre. Nous les rappellerons ici.

En Autriche-Hongrie, les études sismologiques avaient déjà reçu une vive impulsion par les travaux de M. Suess; et à Rome on nous avait parlé de l'observatoire de Trieste, que M. Grablowitz tenait en correspondance avec le système d'observations italiennes.

Pour l'Angleterre, en outre des mémoires généraux que M. Robert Mallet a produits depuis 1851 sur les mouvements de l'écorce du globe, des observations de M. Henry à Cambridge en 1848, et de celles entreprises par M. Ellis, sous la direction de Sir Georges Bidel Airy à Greenwich, nous avions à tenir compte des récentes études de MM. Georges et Horace Darwin, sur les déviations de la verticale, présentées au nom d'un comité composé de : Sir William Thompson, MM. Tait, Grant, Siemens, Purser, Forbes (British association, 1881, York).

Nous avons également consulté les remarquables publications de la Société sismologique du Japon, l'un des pays où les études en question ont fait le plus de progrès, sous la direction de MM. Milne, Mendenhall, Ewing, Gray, etc. (*Transactions of the seismological Society of Japan*, 1880-1884).

Enfin, nous devons mentionner un certain nombre d'articles relatifs aux mouvements du sol et aux appareils servant à les mesurer, publiés par MM. Knipping,

Naumann, Wagener, dans les *Mittheilungen der deutschen Gesellschaft für Natur-und Völkerkunde Ostasiens;* par MM. John Perry et Ayrton, Hattori, Chaplin, Ewing, dans les *Transactions of the Asiatic Society of Japan;* par M. J. Milne, dans le *Geological Magazine;* et par divers auteurs dans les colonnes des journaux : *Japan Gazette*, *Japan Mail*, *Nature*, etc.

En Amérique, une commission dépendant du *Geological Survey* a été instituée pour arrêter le plan des observations à faire dans le domaine de la sismologie, soit au moyen d'instruments perfectionnés, soit en recueillant des indications générales sur ces phénomènes.

Nous avons installé nous-mêmes, à l'École des Mines de Paris et à l'École des maîtres mineurs de Douai, des appareils d'observation qui donneront bientôt d'utiles indications sur l'activité sismique de la région septentrionale de la France. De semblables installations devront plus tard être effectuées, notamment dans les bassins houillers du Centre et du Midi.

Dans l'exposé qui va suivre, après avoir indiqué en thèse générale les causes auxquelles on peut attribuer les mouvements du sol et avoir donné la classification de ces mouvements, nous passerons brièvement en revue les principaux instruments qui servent à en déceler l'existence et à en étudier les lois. Nous terminerons par le relevé sommaire des résultats déjà obtenus et de ceux qui resteraient à atteindre, au point de vue de la relation des phénomènes sismiques tant avec les phénomènes météorologiques et magnétiques, qu'avec les dégagements gazeux du sol de l'écorce terrestre.

Mais avant de procéder à cet exposé, nous devons marquer autant que possible la part de travail qu'a prise chacun des collaborateurs dans le résultat présenté en commun.

Les traductions des divers documents pris en consi-

dération et la rédaction des extraits sont dues principalement : pour les publications allemandes et anglaises, à M. Lallemand, et, pour les publications italiennes, à M. Chesneau, qui a aussi exécuté les dessins des appareils, en partie esquissés d'après nature. Le chef de la mission, une fois le plan du mémoire arrêté, ne s'est réservé comme travail de rédaction personnel que l'introduction et le rappel des théories proposées pour l'explication des phénomènes géosismiques à l'égard duquel il tient à prendre sur plusieurs points l'entière responsabilité.

II. — ORIGINE PROBABLE DES MOUVEMENTS DU SOL.

Les explications des tremblements de terre que l'on a données jusqu'à présent se rattachent presque toutes explicitement ou implicitement à l'hypothèse d'un noyau liquide offrant encore, au-dessous d'une écorce solide, relativement très mince, la condition de fluidité qui devait être celle du globe entier à son origine (ce dont on ne peut douter, d'après sa forme sphéroïdale aplatie aux pôles).

Cette hypothèse présente, en effet, une base complètement générale comme il en faut une pour édifier des théories visant des faits qui se reproduisent continuellement et dans toutes les parties du globe.

Nous rappellerons d'abord la théorie qui en dérive le plus simplement.

Le noyau en état de fluidité ignée devant se contracter par le refroidissement, l'écorce pour y rester appliquée doit perdre de son étendue, ce qui ne peut se faire que si elle se fractionne en compartiments séparés par des rides ou par des fractures avec plissements ou chevauchements.

Dans cette manière de voir, qui a été le fondement de la théorie des soulèvements d'Élie de Beaumont, les phénomènes géosismiques se présentent naturellement comme les conséquences du jeu des compartiments, placés dans un état continuel de tension compressive, qui doit nécessairement se résoudre de temps à autre par des crises de tassement ou de froissement particulièrement manifestées le long des rides et des fractures.

Cette théorie, professée de tout temps à l'École des Mines, semble maintenant en voie de prendre partout le dessus, soit dans sa plus grande simplicité, soit avec l'immixtion d'une autre théorie, qui est bien ancienne puisqu'elle remonte aux Grecs, et à laquelle les savants qui en prennent aujourd'hui le principe en considération imposent d'ailleurs des formes diverses, nous voulons parler de l'attribution des commotions du sol au développement ou au déplacement, se produisant sous l'écorce du globe, des fluides élastiques dont nous voyons les explosions dans les volcans.

Or, d'une part, l'idée de fluides élastiques subcorticaux découle naturellement de l'admission d'un noyau liquide igné dont ils seraient chassés par le progrès interne de la solidification, et, d'autre part, la théorie des émanations, où l'on considère spécialement les dégagements de ces fluides élastiques, est le complément naturel et nécessaire de celle des soulèvements.

Dans ces derniers temps, au lieu d'attribuer l'origine des fluides élastiques à leur expulsion progressive de la masse centrale, on a voulu présenter leur production comme résultant de la pénétration des eaux jusque dans les profondeurs de la croûte du globe, opinion que nous sommes loin de soutenir, mais qui, si on l'admet, implique l'existence d'un noyau, sinon liquide, du moins incandescent dont le refroidissement serait inséparable de jeux de l'écorce, ayant déjà produit des accidentations du sol

et venant encore aujourd'hui en troubler l'équilibre. A vrai dire même, on ne saurait s'empêcher de remonter, par la pensée, de cet état d'incandescence à l'état de fluidité ignée.

Afin d'éviter la difficulté, pour ne pas dire l'impossibilité, de la pénétration graduelle des eaux superficielles jusqu'à la profondeur où doit régner l'incandescence et aussi afin d'expliquer l'instantanéité des ébranlements, on a proposé récemment (*) d'admettre que des fragments de l'écorce solide situés à une profondeur assez faible pour subir l'imprégnation de l'eau à l'état liquide se détachaient brusquement et tombaient dans le bain incandescent dont la chaleur, agissant alors brusquement sur l'eau dont ils étaient imbibés, produisait des explosions de vapeur et, par suite, les commotions des tremblements de terre.

On voit que ce moyen d'explication implique, en même temps que l'hypothèse du noyau fluide incandescent, celle de la production, par la contraction, de mouvements antérieurs de l'écorce, ayant déterminé les fractures largement béantes nécessaires à admettre pour la chute des fragments.

Pour se dégager complètement de l'hypothèse de la chaleur centrale, il faut revenir à une idée pourtant difficilement soutenable, celle de la production de foyers locaux par des réactions chimiques, et encore la localisation des phénomènes implique-t-elle la nécessité de préparations par des jeux antérieurs de l'écorce, dont il faut bien rechercher la source dans l'existence préalable d'un noyau liquide.

En tout cas, les zones de rides et de fractures seraient naturellement les lieux de production souterraine ou de

---

(*) Note de M. Stanislas Meunier, aux *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1883.

cheminement des fluides élastiques, considération qui achève de rattacher la théorie mixte à la première.

Une explication qui, elle, repose de la manière la plus directe sur l'hypothèse du noyau liquide, est celle qui rattache les phénomènes géosismiques à l'idée des attractions luni-solaires, sous l'influence desquelles la masse fluide interne subirait des marées.

Ce principe d'explication (*), s'il ne répond pas à tous les détails des phénomènes géosismiques, semble au moins devoir rester nécessaire pour certaines catégories de petits mouvements du sol.

Mentionnons enfin, pour compléter cette revue des origines proposées, une théorie d'un tout autre caractère.

On sait que les cavités produites par dissolution dans les mines de sel ont souvent donné lieu à des effondrements qui ont fortement ébranlé et même bouleversé la surface du sol.

De semblables accidents peuvent se produire dans des conditions naturelles par l'action prolongée des courants d'eau souterrains sur les amas de matières solubles ou simplement délayables et être la cause de certains tremblements de terre; mais si nous concevons la possibilité d'une telle intervention, surtout dans quelques régions montagneuses, il nous est impossible d'admettre cette explication à titre général.

A part ce dernier moyen d'explication, on peut dire, comme nous l'avons indiqué tout d'abord, que toutes les théories (**) se rattachent plus ou moins directement à

(*) Auquel M. Alexis Perrey a attaché son nom par de grands travaux.

(**) Nous pouvons renvoyer pour plus de détail, mais sous toutes réserves touchant les opinions conclusives, aux documents, notes et comptes rendus de conférences, dont la publication a été provoquée depuis notre mission, par la série des commotions de l'Andalousie, notamment : l'*Étude sur les tremble-*

l'hypothèse du noyau intérieur de liquidité ignée et nous avons déjà rappelé que cette hypothèse avait été la base de la théorie des soulèvements; rappelons encore que la théorie des soulèvements a conduit Élie de Beaumont à sa conception du Réseau pentagonal dont il a fait coïncider les grands cercles avec les axes des rides de soulèvement ou des faisceaux de fracture; et ce rappel suffit à faire ressortir la liaison, pour ainsi dire nécessaire, de l'explication dérivant directement de l'hypothèse d'un noyau fluide avec la théorie du Réseau pentagonal dont la forme géométrique offre d'ailleurs, en dehors de toute idée de causalité, le meilleur moyen de coordonner géographiquement les alignements des phénomènes géosismiques, opération qui sera indispensable pour établir d'un point de vue quelconque une théorie complète de ces phénomènes.

On verra plus loin que les observations faites en Italie et en Suisse tendent déjà à faire admettre que les lieux de tremblement de terre se rattachent à des lignes de vallées qui correspondent, sans doute, aux fractures de l'écorce terrestre.

C'est pourquoi nous insistons finalement pour la prise en considération du Réseau pentagonal, ne fût-ce qu'à titre de système de coordonnées, en faisant remarquer que la systématisation des alignements de plis et de fissures est particulièrement importante pour la poursuite de notre but spécial.

---

ments de terre, par le professeur Cordenon, de Padoue (*Bulletin de l'Association scientifique*, octobre 1884); la *communication* faite à la Société de géographie le 23 janvier 1885 par M. Fouqué, membre de l'Institut, et la conférence du même savant *Sur le tremblement de terre* de l'Andalousie du 24 décembre 1884 (*Revue scientifique* du 27 février 1886).

III. — CLASSIFICATION DES MOUVEMENTS DU SOL.

L'expérience a montré que les mouvements du sol, autrement dits mouvements telluriques, peuvent être classés assez nettement en quatre catégories distinctes (*) :

1° Secousses ;
2° Trépidations ;
3° Ondulations microsismiques ;
4° Oscillations lentes.

Les *secousses* sont caractérisées par des chocs, ou des mouvements très courts, de direction verticale ou horizontale, se succédant à des intervalles variables, avec une intensité grande ou faible.

Les *trépidations* se distinguent par une grande vitesse de propagation, leur caractère de périodicité (courte période), leur répétition à de courts intervalles pendant un certain temps.

Les *ondulations microsismiques* sont des mouvements vibratoires continus, à période plus longue que les trépidations, de faible intensité, toujours insensibles et se prolongeant pendant plusieurs heures ou même plusieurs jours. (Voir aux *Annexes*, p. 261, une étude sur *les mouvements microsismiques*, par M. Mercalli, résumant les travaux des sismologues italiens.)

Les *oscillations lentes* ne produisent pas de mouvements ou de vibrations appréciables à la surface ; elles causent seulement un déplacement d'ensemble, une inclinaison plus ou moins grande du sol, pouvant durer longtemps et ne variant qu'avec une extrême lenteur.

(*) M. S. de Rossi : *Programma dell' osservatorio ed archivio geodinamico, presso il R. Comitato geologico d'Italia.* Rome, 1883. Extrait du *Bulletino del Vulcanismo italiano.*

On peut réserver le nom de *mouvements séculaires* aux dénivellations lentes qui produisent des modifications durables dans le relief du sol.

Nous ne nous occuperons qu'accessoirement de la première et de la quatrième catégorie, qui se rattachent seulement d'une manière indirecte à l'objet spécial de notre étude : les dégagements gazeux naturels du sol.

IV. — DESCRIPTION DES APPAREILS DISPOSÉS POUR L'OBSERVATION DES MOUVEMENTS TELLURIQUES.

Les deux premières catégories de mouvements ci-dessus définies constituent les *tremblements de terre proprement dits*, qui se manifestent par des perturbations quelquefois gigantesques de l'écorce du globe. Les appareils qui servent à les étudier sont donc moins destinés à constater l'apparition du phénomène qu'à analyser ses phases : ce sont les appareils *sismographiques* proprement dits.

Chez presque tous, on a cherché à constituer dans l'espace un point fixe, par rapport auquel on pût mesurer les déplacements relatifs du sol. Ce point fixe est représenté, au moins approximativement, par le *centre de percussion* (*) d'un long pendule vertical ou d'un levier astatique horizontal, mobile autour d'un axe vertical.

(*) On appelle centre de percussion ou centre d'oscillation dans un pendule composé un point situé sur la verticale du point de suspension à une distance de ce dernier point égale à la longueur du pendule simple équivalent au pendule composé.

Lorsqu'un pendule composé est soumis à l'action d'un choc horizontal dont la direction passe par le centre de percussion, il n'y a pas de réaction sur le point de suspension, qui dès lors demeure immobile même en l'absence de toute liaison horizontale. Le point de suspension et le centre d'oscillation sont réciproques l'un de l'autre; par conséquent, si la percussion horizontale s'exerce sur l'axe de suspension, la rotation du pendule doit s'effectuer autour du centre d'oscillation restant fixe.

C. L.

Les *ondulations microsismiques* ne peuvent être révélées que par des appareils très sensibles, destinés autant à constater l'existence des mouvements qu'à en étudier les variations : ce sont les appareils dits *microsismographiques*.

Les *oscillations lentes* peuvent être plus spécialement observées au moyen de pendules dont les déplacements angulaires, suffisamment amplifiés, permettent d'apprécier les déviations apparentes de la verticale.

Enfin, les *mouvements séculaires* sont mis en évidence soit par l'observation continue du niveau moyen de la mer le long des côtes, soit par la comparaison de deux nivellements de précision effectués dans un même pays à des époques différentes.

La classification des différents appareils est difficile à établir : d'abord à cause de la complexité des mouvements qu'il s'agit d'étudier ; ensuite parce qu'on ne dispose que d'un petit nombre de moyens distincts pour les observer et qu'il est impossible de préciser à l'avance entre quelles limites un appareil déterminé peut fonctionner d'une manière efficace.

Avant de décrire les instruments, il convient de faire, sur le rôle des pendules ou des ressorts, quelques remarques générales destinées à bien caractériser les conditions de leur emploi.

Supposons que l'on imprime un mouvement régulier d'oscillation au point de suspension d'un pendule. Si la période de ce mouvement est égale à la durée propre d'oscillation du pendule, ou, du moins, si elle n'en diffère que très peu, le pendule se met à osciller. La période de l'impulsion diffère-t-elle, au contraire, beaucoup de celle du pendule, celui-ci ne prend aucun mouvement relatif par rapport à son point de suspension. Si, par exemple, le mouvement imprimé est beaucoup plus rapide que la période d'oscillation propre du pendule, le fil de suspen-

sion se sectionne, comme une corde sonore, offrant des nœuds et des ventres, les points d'attache du poids et du fil constituant toujours des nœuds. Si le mouvement imprimé au point de suspension est très lent, le pendule n'oscille pas; il se déplace seulement parallèlement à lui-même.

C'est le P. Cavalieri qui a révélé le premier ce phénomène. Il a remarqué qu'en donnant des impulsions variées à un support auquel étaient suspendus une série de pendules de longueurs différentes, celui dont la durée d'oscillation, calculée suivant la loi connue des longueurs, se rapprochait le plus de l'impulsion donnée au support, prenait toujours le mouvement d'oscillation le plus ample. Il résulte de là qu'une même secousse n'est presque jamais indiquée par toutes les sortes d'appareils sismographiques installés dans un observatoire, bien que ces appareils dérivent tous du même principe.

M. de Rossi s'exprime ainsi à ce sujet (*) : « L'expérience montre que les tremblements de terre suffisamment sensibles ne laissent aucune trace sur un certain nombre d'instruments. Il arrive, au contraire, qu'un tremblement de terre complètement inaperçu est révélé par l'enregistrement des appareils sismographiques. En Italie, le tremblement de terre d'Agram, du 9 novembre 1880, ne fut pas ressenti hors de la Vénétie. Cependant les instruments sismométriques à pendule très long ont subi, même dans l'Italie méridionale, des oscillations qu'ils n'avaient jamais présentées dans les violents tremblements de terre arrivés en Italie, après le commencement de nos nouvelles études. Dans ce même tremblement de terre, pas un des instruments à court pendule, ou à mécanisme correspondant, n'a donné l'in-

(*) *Programma dell' osservatorio ed archivio geodinamico*, p. 62.

dication de la secousse. Peu de temps après, le 24 janvier 1881, un tremblement de terre très violent est arrivé à Bologne : des cheminées sont tombées, des lézardes se sont formées. Dans l'observatoire sismique, bien connu, du comte Malvasia, les mêmes pendules longs ont montré des oscillations insignifiantes ; les petits appareils, au contraire, ont indiqué fidèlement le tremblement de terre considérable qui faisait fuir la population. »

Le fonctionnement des ressorts doit présenter des circonstances analogues.

On a reconnu, d'une façon générale, que les pendules de moins de 1 mètre sont propres à enregistrer les trépidations et les secousses, dont la période de vibration est toujours une fraction de seconde. Les pendules de plus de 1 mètre conviennent, au contraire, pour les ondulations microsismiques.

Tous les appareils sismographiques se subdivisent en deux classes : ceux qui enregistrent d'une façon continue leurs propres mouvements, et ceux que l'on doit observer directement. L'importance de faire des observations incessantes pour saisir des phénomènes aussi variables et imprévus, donne aux premiers un avantage considérable sur les seconds, surtout quand on ne possède pas, comme dans beaucoup d'observatoires d'Italie, un personnel d'observateurs sédentaires pouvant suppléer par leur assiduité au défaut d'enregistrement automatique de quelques-uns des appareils les plus importants.

§ 1. — Secousses.

Les appareils destinés à étudier les secousses sont ou *avertisseurs* ou *analyseurs* du phénomène.

Un appareil avertisseur peut être composé d'un objet quelconque en équilibre instable susceptible d'être renversé par la moindre secousse.

Avertisseur Cecchi (Pl. VI, *fig.* 1). — L'un des plus simples et en même temps des plus sensibles de ces appareils est celui du P. Cecchi, directeur de l'observatoire Ximeniano, à Florence. Il consiste en une sphère métallique pesante traversée par une tige mince d'acier fixée sur un trépied à vis calantes. Une vis de pression permet d'arrêter la sphère à une hauteur variable sur la tige d'acier. Celle-ci se termine par une spirale surmontée d'un petit disque horizontal, sur lequel on pose verticalement en équilibre une tige métallique terminée à ses deux extrémités par un plateau. Une secousse, même très légère, fait vibrer la tige d'acier qui forme avec la sphère un pendule élastique renversé, et le mouvement est encore multiplié par la spirale. La tige supérieure tombe, et cette chute peut être utilisée d'une façon quelconque pour rendre l'appareil enregistreur.

On règle la sensibilité de l'appareil en plaçant la sphère à une distance plus ou moins grande du pied (*). Cet appareil exige que, après chaque chute, on replace la petite tige en équilibre sur le disque de la spirale, de manière que l'instrument soit de nouveau prêt à fonctionner; il convient surtout aux secousses *ondulatoires*, ou dont l'impulsion est horizontale.

Avertisseur Bertelli (Pl. VI, *fig.* 2). — L'avertisseur du P. Bertelli se prête à un enregistrement continu et convient aux secousses aussi bien verticales qu'horizontales (**). Il se compose d'un ressort à boudin terminé par une petite sphère métallique, portant une capsule en fer : cette capsule est remplie de mercure dont la surface présente une cavité produite par une pointe en fer qui la creuse en vertu de la capillarité, ainsi que l'indique la *fig.* 5 de la planche V.

(*) *Programma dell' osservatorio ed archivio geodinamico*, p. 123.
(**) *Atti dell'Academia pontificia de' nuovi Lincei*, t. XXXIV.

Au-dessus de la capsule, et enfoncée autant que possible dans la cavité du mercure, mais sans en toucher la surface, se trouve une aiguille en acier fixée à l'extrémité d'un pendule à fil métallique, lequel peut être aussi remplacé par un ressort en spirale.

Le ressort inférieur et le fil du pendule sont mis en communication avec les pôles d'une pile. Lorsqu'une secousse, verticale ou horizontale, agite la sphère ou le pendule, l'aiguille d'acier vient toucher le mercure et le circuit électrique est fermé. On peut se servir du courant pour enregistrer le phénomène sur une bande de papier, au moyen d'une disposition analogue à celui des appareils télégraphiques imprimant.

On a construit, en Italie, un très grand nombre d'autres appareils avertisseurs utilisant la chute des corps posés en équilibre instable : tel est celui de M. le professeur Galli, qui a été exécuté et rendu enregistreur par les frères Brassart, constructeurs à Rome, et qui donne, d'après la position de la chute d'une tige verticale placée en équilibre sur un plateau horizontal, la direction des secousses ondulatoires. Citons encore l'avertisseur Brassart, analogue à celui du P. Bertelli, et l'avertisseur du comte Malvasia, qui donne, comme celui de M. Galli, la direction des secousses ondulatoires (*).

Sismographe analyseur de F. Cecchi. — L'un des appareils analyseurs les plus simples et les plus sensibles, pour les secousses, aussi bien verticales qu'horizontales, est celui que le P. F. Cecchi a installé à Florence dans son observatoire (Pl. V, *fig.* 6).

Il se compose d'un pendule à tige rigide A, suspendu à une console scellée dans une muraille par un fil très

(*) *Programma dell' osservatorio*, etc., p. 111 et suiv. — *La Nature*, 19 décembre 1874.

fin en acier, et destiné à indiquer les composantes horizontales des secousses. Un levier en fer B, muni d'un poids C, tourne à l'une de ses extrémités autour d'un axe horizontal *aa*, et, à l'extrémité opposée, est relié par un ressort à boudin R à un support fixe. Les mouvements imprimés à ce levier par les secousses verticales du sol sont enregistrés, ainsi que ceux du pendule A, sur une même feuille de papier glacé enfumé P. Le pendule A est muni à son extrémité inférieure d'un étrier *e* portant un couteau sur lequel peut tourner librement un fléau H, portant d'un côté un style en ivoire et de l'autre une boule métallique mobile sur une tige filetée et au moyen de laquelle on peut équilibrer complètement le poids du style.

Lorsque le pendule A se met en mouvement, le style d'ivoire trace sur la feuille noircie, et avec un frottement aussi minime que l'on veut, des courbes semblables à celles que décrit le centre de gravité du pendule A.

Les mouvements verticaux du levier B sont transformés en mouvements horizontaux effectués par un style H′, au moyen d'une tringle *t* et d'un coude *g*, relié à une tige *h* pouvant tourner sur elle-même en entraînant la tige *i* qui porte le style H′.

Pour rendre plus facilement discernable le tracé des courbes décrites par les styles, le papier enfumé P commence seulement à se dérouler d'un mouvement continu aussitôt qu'il se produit une secousse. Ce mouvement s'obtient de la façon suivante : la bande de papier est enroulée sur un cylindre *j*, passe sur un second cylindre *k* et porte à son extrémité libre une petite tige pesante qui tend à faire tourner les cylindres en déroulant la feuille de papier. Le cylindre *j* porte une roue dentée, qui commande, par un rouage intermédiaire, une vis sans fin montée sur une tige *m* munie d'ailettes, ayant pour but de rendre le mouvement uniforme quand le papier se déroule. Cette tige *m* porte un arrêt qui vient buter sur une

petite plaque en fer doux placée devant un électro-aimant.

Quand une secousse se produit, le petit pendule C, composé d'une tige rigide suspendue par un fil métallique très fin, et dont l'extrémité inférieure est voisine d'une cupule de mercure (voir *fig.* 5), se met à osciller; la tige vient toucher le mercure et le circuit électrique *sss* se trouve fermé; l'électro-aimant E attire la plaque de fer qui dégage l'arrêt de la tige *m*, et le papier se déroule.

Un deuxième électro-aimant E′ commande un système au moyen duquel une horloge se met en marche dès que le circuit électrique est fermé. En comparant l'heure donnée par cette horloge avec l'heure marquée par un chronomètre, on a l'instant de la première secousse.

Les deux styles H, H′ décrivent sur le papier des courbes de forme sinusoïdale qui seraient très régulières si la secousse était unique, et iraient seulement en diminuant d'amplitude jusqu'à se réduire à une ligne droite quand les appareils oscillants seraient revenus au repos.

Si les secousses sont réitérées, la courbe du pendule A présente des irrégularités, des changements de courbure, des points de rebroussement, correspondant aux variations imprimées, par chaque nouvelle secousse, au plan d'oscillation du pendule et à l'amplitude de ses mouvements. L'étude de ces irrégularités permet de se rendre compte du nombre des secousses successives survenues dans un tremblement de terre, et, jusqu'à un certain point, de leur direction.

On constate ainsi que chaque tremblement de terre est précédé d'une période d'agitation croissante, se prolongeant pendant quelques secondes avant que le maximum ne soit atteint.

Le phénomène se continue par une suite de secousses à peu près toutes d'égale intensité pour se terminer, comme il a commencé, par des ondulations de plus en plus lentes et d'amplitude décroissante.

La vitesse, la période et la direction des vibrations varient de la manière la plus irrégulière, pendant la durée du tremblement de terre.

Le style H′ n'ayant d'autre mouvement possible qu'une oscillation dans un plan perpendiculaire à l'axe horizontal de rotation *h*, c'est seulement d'après l'amplitude de ces oscillations, traduites sur le papier par une courbe sinusoïdale, que l'on peut se rendre compte du nombre et de l'intensité des secousses verticales.

Les poids et les longueurs du pendule A et du levier B sont calculés de façon que tous deux battent la seconde : il en résulte que les courbes sinusoïdales décrites par les styles H et H′ permettent d'évaluer le temps écoulé entre chaque nouvelle secousse.

La *fig.* 7 de la Pl. V représente un autre sismographe de F. Cecchi, installé à l'observatoire de Saint-Luc, près Bologne.

Cet appareil permet d'enregistrer sur des plaques de verre enfumées p, p', p'', p''' au moyen de styles, les mouvements de différents pendules, sous l'influence des secousses du sol. Les parties de l'appareil destinées à recevoir l'impulsion des mouvements sismiques sont :

1° Deux pendules A, B à poids lourds et à tige rigide, suspendus, le premier à une boucle en fil d'acier *a*, le second au moyen d'un système à la Cardan *b*. Ce dernier est construit de manière à battre la seconde.

2° Un pendule renversé C, composé d'une tige métallique flexible encastrée à sa base dans un support fixe *g*, et portant une boule métallique *d*. Les pendules A, B, C oscillent sous l'influence des composantes horizontales des mouvements sismiques.

3° Un levier L, muni d'un poids *l*, mobile autour d'un axe horizontal fixe *oo* et soutenu à l'extrémité opposée par un ressort à boudin R fixé à un support *s* encastré

dans une muraille. Ce levier L oscille sous l'influence de la composante verticale des mouvements sismiques.

Une horloge P est mise en marche par la première secousse même qu'enregistre l'appareil. Voici maintenant le mode d'enregistrement des mouvements des pendules et du levier :

1° Supposons que les pendules A et B se mettent à osciller seuls (mouvement sismique horizontal). Le pendule A est muni à sa partie inférieure d'une petite tige métallique en acier *e* plongeant dans une cupule à mercure *c* (déjà décrite précédemment) et ne touchant pas le liquide quand l'appareil est au repos. Lorsque, par suite du mouvement du pendule A, la tige métallique *e* touche le mercure, un courant électrique passe dans le circuit formé par le pendule A, le pendule C, les fils *sss* et un électro-aimant E. La plaque en fer doux *h*, mobile autour d'un axe horizontal fixe (perpendiculaire au tableau), est alors attirée par l'électro-aimant. Un fil en soie relie cette plaque à une petite tige métallique *i* posée verticalement sur le support de l'électro-aimant, et maintenue en équilibre par le poids du levier *k*, mobile autour d'un pivot fixe *m* et portant à son extrémité une plaque de verre enfumée *p*.

La plaque *h* étant attirée vers l'électro-aimant, la tige *i*, dérangée de sa position d'équilibre, tombe, et le levier *k* tourne autour de son pivot (une boule mobile *n* permet de régler les moments des bras de levier de telle sorte que ce soit la partie de droite qui l'emporte). Une lame métallique flexible *q* est, avant la chute du levier *k*, appuyée contre la plaque de verre : celle-ci tombant, la lame métallique trace un trait sur sa surface. Cette lame *q* était maintenue en équilibre contre la plaque de verre *p*, grâce à un ressort à boudin *r* tendu par un fil de soie *f*, fixé à quelques millimètres de l'extrémité de la lame *q*, de façon à pouvoir faire passer la lame et le

ressort de part et d'autre d'une tige horizontale *j*, faisant partie du support *g*.

La plaque de verre *p* étant tombée, le ressort *r* tire sur la lame *q* qui se dégage de la tige *j*. Le fil *f* étant détendu, déclenche le mouvement de l'horloge P, qui se met en marche.

D'autre part, le fil *f* est fixé à une tige *t* branchée à angle droit sur une tringle T, qui tend à tourner sur elle-même, grâce à un contre-poids G. Le ressort *r* étant détendu, la tringle T tourne et les tiges *t t'* se relèvent. A la tige *t'* est attaché un fil *f'* qui supporte un style en ivoire équilibré H. Quand l'appareil est immobile, le style repose sur la plaque de verre enfumée *p'*. Au moment où les pendules A et B se mettent à osciller, le style H commence à tracer une ligne sur la plaque *p'*, mais il est relevé immédiatement par l'intermédiaire du fil *f'*, et l'on peut ainsi retrouver le point de départ et la direction du premier élément de la courbe tracée par le deuxième style H', sur la plaque enfumée *p''*, pendant les oscillations du pendule B; point important, la courbe décrite pouvant être très compliquée et se recouper elle-même un très grand nombre de fois.

On voit donc que le rôle du pendule A est de faire marcher l'horloge à l'instant où commence le mouvement sismique et de permettre de retrouver le point de départ et la direction du premier élément de la courbe sismique tracée sur la plaque *p''*.

Quant au pendule B, qui peut osciller dans tous les sens autour de son point de suspension, il sert à obtenir, au moyen de la plaque enfumée *p''* qu'il porte, et du style fixe H', une courbe qui doit être interprétée comme celle que décrit le pendule A du sismographe analyseur (Pl. V, *fig.* 6) (*).

(*) La *fig.* 3 de la Pl. VI donne la courbe ainsi obtenue dans le tremblement de terre observé le 20 juillet 1880 à Manille.

Dans les mouvements sismiques horizontaux à très courte période, il peut arriver que les pendules A et B ne bougent pas; mais alors le petit pendule C remue, le courant électrique passe comme dans le cas précédent, et l'horloge se met en mouvement; mais on n'a qu'un trait sur la plaque enfumée *p* et rien sur les plaques *p'* et *p''*.

Dans les mouvements sismiques verticaux, il peut arriver que les pendules A, B, C ne remuent pas; il faut donc que le levier L puisse déclencher l'horloge et que l'on enregistre ses oscillations. Pour résoudre le premier problème, un circuit électrique formé par le levier L, la cupule *c'*, les fils conducteurs *uu* et l'électro-aimant F se ferme lorsque la pointe métallique *x* vient toucher le mercure de la cupule, l'électro-aimant attire une plaque de fer doux *h'* mobile autour d'un axe parallèle au tableau. Dans ce mouvement, l'ergot *z* vient frapper la lame métallique *q* et l'entraîne au delà de la plaque *p*. La lame *q* se trouvant dégagée, l'horloge se met en marche, comme nous l'avons expliqué plus haut.

Quant aux oscillations du levier, elles sont transmises par l'intermédiaire d'une tringle très légère à un style I qui les inscrit sur la plaque de verre enfumée *p'''*.

Cet appareil, beaucoup plus compliqué que le sismographe analyseur, donne avec beaucoup moins de netteté les courbes décrites par le pendule et ne permet pas de compter des secousses verticales successives, ni d'étudier leur intensité, le style I ne décrivant qu'un seul trait.

Sismographe continu de F. Cecchi. — La *fig.* 4 de la Pl. V représente un autre appareil sismograhique du P. F. Cecchi, assez différent du précédent et que l'on peut appeler sismographe continu.

Cet appareil se compose essentiellement :

1° D'un pendule composé A et d'un petit pendule à tige rigide B, destinés à enregistrer les mouvements sismiques horizontaux.

2° D'un levier L, muni d'un poids *l*, mobile autour d'un axe fixe horizontal *oo*, et soutenu à l'extrémité opposée par un ressort à boudin R fixé au support S ; ce levier étant destiné à enregistrer les mouvements sismiques verticaux.

3° D'un appareil enregistreur continu D.

Le pendule A se compose d'un poids cylindrique en fonte relié par un étrier *a* à une tige en fer *b* suspendue au support *s'* par un fil d'acier communiquant avec l'un des pôles d'une pile.

Sous le poids A est fixée une armature rigide en fer, *ccc*, supportant à son extrémité inférieure, par l'intermédiaire d'un couteau horizontal, un étrier E en laiton, mobile sur ce couteau, et portant un style en ivoire H. Ce style H est relié, au moyen des fils de soie *ff'* et des leviers métalliques *gg'*, à une plaque en fer doux *h*, placée vis-à-vis de l'armature d'un électro-aimant G. Les longueurs des fils sont réglées de telle façon que la pointe du style soit à une très petite distance du cylindre D.

L'armature *ccc* porte, en outre, par l'intermédiaire d'une potence *k*, une cupule C en fer contenant du mercure. (Voir le détail de la cupule, *fig.* 5.)

Au-dessus de cette cupule est suspendu le petit pendule B, composé d'une tige rigide en acier avec une boule mobile que l'on fixe au moyen d'une vis de pression. Ce petit pendule est suspendu à un support G par un fil d'acier très fin communiquant avec l'autre pôle de la pile.

Lorsque, par suite de mouvements sismiques horizontaux, l'un des deux pendules A ou B oscille, aussitôt que la tige du petit pendule touche le mercure, le circuit électrique est fermé, la plaque de fer doux *h* est attirée par l'électro-aimant et se relève, le levier *g* s'abaisse et ce mouvement permet au style H, par l'intermédiaire des fils *ff'* et du levier *g*, de venir s'appuyer sur le cylindre D.

Ce cylindre est creux, en laiton; il est recouvert d'une feuille de papier enfumé. Il est animé d'un mouvement de rotation commandé par l'aiguille des heures de l'horloge M et fait ainsi deux tours en vingt-quatre heures. En même temps, il prend un mouvement de translation, la tige qui lui sert d'axe étant filetée à son extrémité et tournant dans un écrou, qui la fait avancer d'une longueur égale au pas de vis pendant une révolution entière; le cylindre avance donc de l'intervalle de deux pas en vingt-quatre heures.

Tant que le circuit électrique est fermé, le style H s'appuie sur le cylindre et trace un élément d'hélice. Il est donc facile de compter le nombre de secousses et de savoir à quelles heures elles se sont produites.

Les secousses verticales sont enregistrées au moyen du style H', appuyé constamment sur le cylindre D et relié par une tige rigide au levier L. Ce style trace sur le papier une hélice continue : quand le levier oscille, le style dessine un trait suivant une génératrice du cylindre D.

Cet appareil, doué d'une grande sensibilité, permet d'enregistrer des secousses absolument inappréciables et rentrant dans la catégorie des mouvements microsismographiques.

Sismographe de I. Galli. — M. I. Galli, directeur de l'observatoire de Velletri, a imaginé un appareil sismographique très simple de construction, fondé sur le principe suivant (*) : sur une colonne métallique se trouve encastrée une coupelle d'agate, sur laquelle repose une aiguille d'acier terminant une tige rigide mince, de grande longueur. Cette tige se tient verticale par l'effet d'un gros anneau métallique soudé au bas de la tige par l'in-

(*) *Programma dell' osservatorio*, etc., p. 107.

termédiaire de quatre fils de laiton. L'aiguille, la tige et l'anneau forment ainsi un seul système, posé sur l'extrémité de la colonnette, et constituant un pendule composé qui n'a pas de frottement à son point de suspension. L'amplitude des oscillations de ce pendule se trouve multipliée à l'extrémité supérieure de la tige, dans le rapport de la longueur de cette tige à celle du pendule simple équivalent.

Les mouvements du pendule peuvent être observés soit en disposant à l'extrémité de la tige un petit miroir d'argent poli, dont on peut constater les plus petites oscillations avec une lunette recevant un rayon lumineux qui émane d'un point fixe et se réfléchit sur le miroir, soit en terminant la tige par une pointe très fine qu'on examine au microscope.

On peut encore placer, perpendiculairement à l'extrémité de la tige, un petit châssis carré, très léger, à la surface duquel est appliqué un papier enduit de noir de fumée et sur lequel une aiguille fixe s'appuie légèrement; au moindre mouvement de l'appareil, le carré de papier noirci suivant les oscillations de la tige, la pointe de l'aiguille y trace une ligne droite ou une ellipse dont l'orientation et la longueur permettent d'étudier la direction et l'intensité relative du mouvement ondulatoire.

La description de tous les systèmes d'appareils sismographiques actuellement en usage nous entraînerait trop loin : citons seulement le sismographe de M. le professeur Goiran, à Vérone; celui du P. Denza, à l'observatoire de Moncalieri; les sismographes de MM. Ewing, Gray et Wagner, installés au Japon, et décrits dans les *Annales de la Société sismographique* japonaise (*). Tous ces appareils sont, de même que les précédents, des pen-

(*) *Transactions of the Seismological Society of Japan*, t. I, année 1880.

dules ou des leviers horizontaux rendus à peu près astatiques, dont les oscillations sont observées ou enregistrées au moyen de dispositifs variés.

§ 2. — Trépidations.

Les mouvements désignés sous le nom de *trépidations* ont une période d'oscillations assez courte; aussi doit-on les observer de préférence avec des pendules de faible longueur (moins de 1 mètre), ou avec des appareils capables d'osciller ou de vibrer sous l'influence d'ondulations à courte période: ressorts spéciaux, microphones, etc.

On peut ranger dans cette catégorie les appareils pour l'enregistrement continu des ondulations sismiques inventés par M. M. S. de Rossi, et appelés par lui *protosismographe* et *microsismographe*.

Protosismographe (Pl. V, *fig.* 3). — Cet appareil se compose d'un pendule très pesant, dont la longueur est calculée de manière qu'il batte la seconde ou une fraction de la seconde. Il est relié par des fils de soie *f* à quatre montants métalliques réunis à leurs sommets et encastrés dans un socle carré, dont les côtés sont orientés N-S et E-O. Les fils de soie ont une longueur telle que des aiguilles en acier *a*, suspendues en leur milieu, obligent les deux moitiés à former un angle d'environ 155°. Cette disposition permet de transformer les déplacements horizontaux du pendule en mouvements verticaux des aiguilles, dont l'amplitude est égale à celle des premiers, multipliée par la tangente de la moitié de l'angle formé par les deux brins du fil de soie (*). Cha-

(*) Si l'on désigne par l la longueur d'un des brins; par 2α l'angle qu'ils forment; par x la projection horizontale de l; par y sa projection verticale; par Δx l'amplitude du mouvement du

cune des aiguilles est suspendue à un support fixe par une petite spirale métallique très flexible, et au-dessous de chacune d'elles se trouve une capsule contenant du mercure, dont la surface est aussi rapprochée que possible de la pointe de l'aiguille. Quand, par suite des mouvements du pendule, une aiguille vient toucher le mercure, un circuit électrique correspondant se forme, et on utilise le passage du courant pour agir sur un système enregistreur. De cette manière, on peut distinguer dans l'appareil enregistreur chaque demi-oscillation du pendule et par conséquent la direction du premier mouvement (*).

Microsismographe. — Le principe de l'appareil est le même que pour le protosismographe ; mais au lieu d'être fixés à quatre supports, les fils de soie viennent aboutir chacun à un pendule semblable au pendule A, mais de longueurs différant légèrement entre elles et différentes de celle du pendule A. Chacun de ces pendules oscillant dans un temps différent, il en résulte que lorsque les pendules se mettent en mouvement, il se produit certaines périodes où le pendule central et l'un des pendules

---

pendule et par Δy celle du mouvement de l'aiguille, on a les relations :

$$x^2 + y^2 = l^2,$$

d'où

$$x\Delta x + y\Delta y = 0,$$

et

$$\Delta y = -\frac{x}{y}\Delta x;$$

or

$$x = y \operatorname{tg} \alpha,$$

donc

$$\Delta y = -\Delta x \operatorname{tg} \alpha.$$

On voit que le mouvement du pendule se trouve d'autant plus amplifié par l'aiguille que l'angle formé par les deux brins est plus voisin de 180°. Pour $2\alpha = 155°$, le mouvement horizontal est multiplié par quatre et demi environ. — C. L.

(*) *Meteorologia endogena*, par M. S. de Rossi, Milan, 1882, t. II, p. 163.

extérieurs se rapprochent et s'éloignent en même temps, en sorte que le mouvement des aiguilles se trouve doublé. L'appareil peut ainsi enregistrer des mouvements beaucoup plus petits que le protosismographe, et en donnant aux pendules une longueur de plus de 1 mètre, on en fait un appareil assez sensible pour enregistrer les ondulations microsismiques. Les cinq pendules oscillant d'ailleurs ensemble, il est clair qu'on ne peut actionner qu'un seul circuit électrique et qu'il est impossible avec cet appareil de déterminer la direction de l'ondulation sismique, comme on peut le faire avec le protosismographe.

Sismodynamomètre de I. Galli. — M. Galli a imaginé un appareil très simple, qui permet, comme le microsismographe, d'enregistrer d'une façon continue les trépitations sismiques, et qui donne encore des indications sur l'intensité relative des mouvements; aussi l'inventeur lui a-t-il donné le nom de sismodynamomètre. Cet appareil (Pl. V, *fig.* 2) se compose d'une tige en acier plusieurs fois coudée de manière que chacune des parties rectilignes ait une longueur différente des autres. Cette tige est solidement encastrée dans une muraille à l'une de ses extrémités; l'autre bout porte un pinceau laissant une trace continue sur une bande de papier qui se déroule par un mouvement d'horlogerie. Quand la muraille est secouée par une trépidation, verticale ou horizontale, la tige se met à vibrer, et comme chacune des parties de la tige oscille autour du coude qui la relie à la précédente, le mouvement d'oscillation de la partie de la tige directement encastrée dans la muraille est de plus en plus amplifiée dans chacune des parties suivantes, jusqu'à ce qu'il soit transmis à l'extrémité portant le pinceau, qui décrit un trait perpendiculaire à la ligne continue qu'il trace quand l'appareil est au repos; et la longueur de ce

trait permet de mesurer, jusqu'à un certain point, l'intensité du choc qui a fait vibrer tout l'appareil.

§ 3. — Ondulations microsismiques.

Les appareils propres à l'étude des ondulations microsismiques sont principalement les pendules d'une longueur supérieure à 1 mètre : le type en est le *tromosismomètre* du P. Bertelli (*).

La *fig.* 1 de la Pl. V représente la disposition adoptée par M. de Rossi pour cet appareil, auquel il a donné le nom de *tromomètre normal* (**).

Il se compose d'un pendule de $1^m,50$ de long, dont le poids est terminé par une aiguille très fine. Les oscillations sont observées au moyen d'un microscope, muni intérieurement d'une échelle micrométrique gravée sur une plaque de verre, et graduée en centièmes de millimètre, servant à mesurer l'amplitude des mouvements. Le microscope est mobile autour du pendule de manière qu'on puisse toujours le diriger perpendiculairement au plan d'oscillation.

L'appareil est protégé contre les courants d'air, à la partie supérieure par des tubes en fer, en bas par un tube en verre. Les supports en fer du pendule et du microscope doivent être solidement encastrés dans une muraille épaisse. Le fil, en cuivre, du pendule doit être très fin (n° 12 du commerce, diamètre 1/10 de millimètre); le poids pèse 100 grammes. Ce pendule de $1^m,50$ donne 49 oscillations à la minute. Ce tromomètre normal est généralement adopté dans tous les observatoires sismologiques d'Italie.

Le protosismographe et surtout le microsismographe

(*) *Atti dell' Academia pontificia de' nuovi Lincei*, 1874.
(**) *Programma dell' osservatorio ed archivio geodimanico.*

de M. de Rossi conviennent également à l'étude des ondulations sismographiques, à la condition de donner aux pendules une longueur d'au moins $1^m,50$.

Microphone sismique. — M. de Rossi, en imaginant d'appliquer le microphone à l'étude des mouvements sismiques, a doté la sismologie d'un de ses appareils les plus sensibles et les plus simples. Le microphone, dont les plus faibles vibrations se traduisent dans un téléphone par des bruits très perceptibles, est, en effet, on ne peut plus apte à révéler d'une façon très nette les vibrations du sol. En plaçant un microphone dans la solfatare de Pouzzoles, M. de Rossi entendit dans le téléphone des rumeurs si intenses qu'on pouvait même les percevoir à distance (*). Mais, pour qu'elles agissent sur le microphone, il n'est pas nécessaire que les vibrations soient aussi fortes que dans le voisinage du Vésuve. Les plus petites oscillations du tromomètre peuvent être révélées par cet appareil.

Le microphone sismique doit être assez lourd pour bien adhérer au sol, et il doit avoir en même temps une assez grande inertie pour être insensible aux bruits des environs. Une bascule métallique, reposant par une extrémité sur une borne, forme un microphone sismique très convenable; on peut aussi faire reposer la bascule sur une montre de poche dont le tic-tac transmis au téléphone augmente très nettement d'intensité quand il se produit une ondulation microsismique; ce dernier genre de microphone donne des résultats très concordants avec le tromomètre normal.

M. Mugna, directeur de l'observatoire de Forli, a imaginé une combinaison du pendule et du microphone,

(*) *Bulletino del vulcanismo italiano* (rédigé par M. S. de Rossi).

qui donne également de bons résultats. Au fond d'un puits solidement muraillé en ciment, à 5 mètres au-dessous du niveau du sol, est fixé verticalement un prisme en charbon de cornue, qui porte à sa base supérieure une cavité conique. Dans cette cavité vient reposer un cône de laiton du poids de 250 grammes, qui est suspendu par un fil de 3 mètres de long à une solide console, encastrée dans les parois du puits. La pointe du cône de laiton pénètre légèrement dans le charbon. Le cône de laiton et le prisme de charbon constituent une sorte de microphone qui est complété par une pile électrique et un téléphone Bell, formant un circuit fermé. Quand, par suite des mouvements du sol, le pendule tend à osciller, le cône de laiton touche et presse plus ou moins les parois de la cavité du prisme de charbon, et il en résulte dans le courant électrique des variations d'intensité qui font vibrer le téléphone.

M. Mugna a donné à cet appareil le nom d'*auscultateur endogène;* il est doué d'une grande sensibilité.

§ 4. — Oscillations lentes du sol.

L'étude des oscillations lentes du sol, ou des variations apparentes de la verticale, a été entreprise, dès 1837, par un savant français, M. Antoine d'Abbadie, d'abord en observant de longs niveaux à bulle d'air, puis au moyen d'un appareil spécial installé dans son observatoire d'Abbadia, dans les Basses-Pyrénées (*). Le principe de cet appareil est le suivant : on observe la position de l'image réfléchie d'un point fixe, dans un bain de mercure situé à une forte distance en contre-bas. Les variations de position de cette image donnent le double

(*) *Recherches sur la verticale*, par M. Antoine d'Abbadie (*Annales de la Société scientifique de Bruxelles*, 1881).

de l'angle dont la surface du bain a tourné par rapport à la verticale.

Dans un pilier conique de béton de 10 mètres de haut, est établi un puits vertical de 1 mètre de diamètre. L'orifice de ce puits est fermé par une plaque en laiton scellée dans le béton et percée en son milieu d'un trou large de 21 millimètres, traversé par quatre fils de platine posés horizontalement en croix. Au fond du puits est scellée une dalle supportant une cuvette à mercure et un réservoir contenant le liquide. Pour avoir une belle surface, on fait passer, avant chaque observation, le mercure du réservoir dans la cuvette par un petit trou. Au-dessus de ce bassin, et portée dans une lourde monture, se trouve une lentille achromatique large de 103 millimètres et ayant un foyer de 10 mètres.

Au sommet du cône, un tout petit miroir éclaire les quatre croisées de fils dont les images réfléchies par le mercure et renvoyées par la lentille à son foyer viennent se peindre à côté des fils, car on a eu d'abord le soin de donner une minime inclinaison à la lentille, qui n'est pas rigoureusement horizontale.

Au-dessus des fils de platine est un microscope muni d'un micromètre à fil, qui, pouvant tourner dans tous les azimuts, forme une sorte de compas optique. On s'en sert pour mesurer dans tous les sens la distance de chaque croisée de fils à l'image correspondante. Cette distance ne doit pas varier si la surface du mercure reste toujours perpendiculaire à l'axe du cône tronqué. Or, cette distance varie d'une heure à l'autre; il est rare de la trouver identique du soir au lendemain (*).

On remarque quelquefois que l'image présente des frétillements, des sautes brusques, s'affaiblit et même finit par disparaître; nous pensons qu'il faut attribuer ce

(*) M. d'Abbadie a ainsi trouvé que la verticale peut varier de 4″,5 dans le courant d'une année.

phénomène à une vibration rapide de la surface du mercure due à des trépidations ou à des ondulations microsismiques du sol.

En 1874, M. Bouquet de la Grye a inauguré, dans l'île Campbell, un appareil destiné à l'étude des déviations de la verticale, et qui permet de tracer automatiquement la courbe des variations à des intervalles aussi rapprochés qu'on veut. Cet instrument se compose d'un pendule à poids lourd qui actionne un levier très léger destiné à amplifier les déviations. Un courant électrique, commandé par une horloge, traverse tout l'appareil et marque un point sur un papier quadrillé chaque fois que le rouage effectue un contact.

L'appareil, perfectionné depuis cette époque par son inventeur, est actuellement constitué de la manière suivante (*) : le pendule est formé d'un boulet suspendu à un fil d'acier porté par une équerre fixée dans un mur épais. Au bas du boulet est vissée une pièce en cuivre dans laquelle glisse à frottement doux une tige en acier poli dont la longueur est réglée au moyen d'une vis de serrage. Le levier multiplicateur (Pl. VI, *fig.* 4) est une balance dont le couteau est remplacé par une pointe d'acier reposant sur une cornaline insérée dans une équerre fixée au mur. Quatre poids compensateurs, vissés sur des branches partant de la tige du levier amplificateur et remontant au-dessus du point de suspension, servent à faire coïncider le centre de gravité de la balance avec la pointe sur laquelle elle repose.

Le contact entre la tige portée par le boulet et la balance se fait en engageant la tige d'acier dans une ouverture triangulaire pratiquée dans la tête du levier et

(*) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 28 juillet 1884 : *Étude sur les déviations du pendule au Mexique*, par M. Bouquet de la Grye.

formée de trois parties taillées en biseau, dont l'une est mobile. Une fois introduite dans cette ouverture, la tige y est maintenue par la pression d'un petit ressort. Les mouvements du boulet sont amplifiés à l'extrémité de la tige verticale de la balance dans le rapport des longueurs des bras de levier, rapport qui peut aller à 100, la rigidité du grand bras étant maintenue au moyen de quatre haubans en fils d'acier très minces.

Si le fil de suspension a une longueur de 10 mètres, une seconde de déviation est représentée à l'extrémité de la tige index par un écart de $0^{m},005$ qui se fait dans une direction inverse de celle du pendule.

En Angleterre, MM. G. et H. Darwin ont étudié les variations de la verticale au moyen de l'appareil suivant (Pl. VI, *fig.* 5) (*).

Un cylindre en plomb est suspendu à un fil fin de laiton attaché à une équerre solidement encastrée dans un bâti épais ; ce cylindre porte, en dessous, une pointe à laquelle est suspendu par un fil de soie de quelques pouces de long, et suivant une de ses arêtes, un miroir rectangulaire, supporté en même temps par un second fil attaché en un point fixe, voisin du point d'attache du premier fil. Par suite de cette suspension bifilaire, les mouvements du pendule produisent une rotation du miroir autour d'un axe vertical ; sur le miroir vient se réfléchir un rayon lumineux émanant d'un point fixe dont on observe l'image : les déplacements de l'image permettent ainsi de calculer l'angle dont a tourné le miroir.

Cet appareil, d'une extrême sensibilité, a mis en évidence des petits mouvements auxquels tous les autres instruments eussent été insensibles.

(*) *On an instrument for detecting and measuring small changes in the direction of the force of gravity*, par George H. Darwin et Horace Darwin.

MM. Darwin ont fait en outre d'intéressantes études sur les mouvements dus à l'élasticité du sol et sur ceux que l'on peut attribuer, soit aux variations de la pression barométrique, soit au jeu des marées.

Il importe de tenir compte des résultats de ces recherches tant pour l'installation des appareils de sismologie que pour la discussion des résultats de leur observation. Nous avons donc cru devoir donner à la suite de notre mémoire dans un annexe (p. 269) le résumé des passages les plus importants du rapport qu'ils ont présenté.

A l'Observatoire de Paris, M. C. Wolf a installé récemment, pour l'étude des mouvements du sol, un appareil fondé sur le même principe que l'appareil de M. d'Abbadie, mais qui en diffère : 1° en ce qu'on a rendu horizontal le faisceau de lumière se réfléchissant sur le mercure; 2° en ce qu'on a transformé les mesures absolues des positions de l'image en mesures différentielles (*).

Au-dessus d'un bain de mercure et invariablement fixé à la cuvette qui le contient, est un prisme creux de fonte de fer, dont la face hypoténuse, inclinée à 45°, porte un miroir plan en verre argenté, et la face verticale un objectif simple de 24 centimètres de diamètre et de 30 mètres environ de foyer. Les faces de cet objectif sont taillées de manière à donner l'aberration minima pour la lumière jaune. Un petit trou percé dans une plaque métallique, placée à 30 mètres, envoie sur l'objectif un faisceau de lumière jaune monochromatique qui, après deux réflexions sur le miroir argenté et sur le mercure, revient au point de départ former une image qu'on observe avec un microscope de très faible pouvoir amplifiant.

Pour rendre l'appareil différentiel, le centre de la cu-

(*) *Sur un appareil propre à l'étude des mouvements du sol*, par M. C. Wolf (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XCVII, séance du 23 juillet 1883).

vette à mercure porte un support plan de $0^m,14$ de diamètre, sur lequel repose un miroir plan en verre argenté de même diamètre. Le microscope voit donc deux images du même point lumineux, l'une réfléchie sur le mercure dont la surface reste horizontale, l'autre réfléchie sur le miroir argenté qui participe au mouvement du sol. Les déplacements relatifs de ces deux images sont mesurés à l'aide d'un micromètre à deux vis rectangulaires.

Nous avons nous-même indiqué dans une Note insérée aux comptes rendus des séances de l'Académie des sciences et dont nous reproduisons ci-après un extrait (*), le principe d'un nouvel appareil permettant de constater par enregistrement continu les mouvements de l'écorce terrestre.

« Pour se soustraire à toute influence provenant des résistances passives et pour obtenir un enregistrement continu, M. Chesneau, frappé des remarquables résultats obtenus par M. Mascart dans son électromètre atmosphérique au moyen de l'enregistrement par la photographie, a eu l'idée de prendre comme poids du pendule une lentille convergente, et de la faire traverser par un faisceau lumineux émanant d'un point fixe par rapport au pendule, et dont l'image conjuguée, donnée par la lentille, vient se peindre sur un papier photographique. La ligne droite joignant le centre optique de la lentille au point lumineux joue le même rôle que le levier multiplicateur de l'appareil de M. Bouquet de la Grye : le mouvement apparent de la lentille est multiplié dans le rapport des distances à la lentille, de l'image et du point lumineux. La multiplication peut être rendue aussi grande qu'on le désire, et l'appareil se prête ainsi à l'étude des

(*) *Sur un moyen de constater par enregistrement continu les petits mouvements de l'écorce terrestre*, par M. B. de Chancourtois (*Comptes rendus*, t. XCVII, séance du 25 juin 1883).

mouvements microsismiques aussi bien que des variations apparentes de la verticale.

« MM. Lallemand et Chesneau ont étudié la réalisation pratique de cette idée : nous nous sommes convaincus de la possibilité d'établir dans des puits de mine de longs pendules enregistreurs fondés sur ce principe. On peut avantageusement placer la source lumineuse et l'appareil enregistreur à l'extérieur du puits, de façon à supprimer toute gêne et tout danger dans le maniement de l'appareil. L'enregistrement ordinaire sur une bande de papier mobile présentant, dans l'espèce, le grave inconvénient de rendre difficile la constatation de la composante du mouvement du pendule parallèle au déplacement du papier, M. Lallemand a eu l'idée d'y substituer un enregistrement sur une feuille fixe, le temps se trouvant dans ce cas marqué sur la courbe elle-même par des éclipses convenablement espacées, déterminées automatiquement par un mouvement d'horlogerie. La courbe ainsi tracée représente donc exactement le mouvement même du pendule. »

Nous pensons qu'avec cet appareil on pourrait non seulement étudier les oscillations lentes du sol, mais encore enregistrer les ondulations microsismiques. En donnant en effet une longueur considérable au pendule, celui-ci resterait tout à fait insensible à des impulsions dont la période est voisine d'une seconde, et le centre optique de la lentille représenterait d'une façon presqu'absolue un point fixe dans l'espace, par rapport aux mouvements oscillatoires assez rapides du sol, auxquels la source lumineuse participe. En sorte que sur la courbe d'ensemble représentant les variations lentes de la verticale, viendraient s'ajouter les mouvements microsismiques du sol, dont l'amplitude serait ainsi obtenue *en grandeur proportionnelle*, ce que ne donne aucun des appareils décrits précédemment.

Résumé.

Le tableau suivant (*) résume les différentes formes des mouvements de l'écorce terrestre et indique les appareils propres à étudier chacune d'elles :

1° Secousses.	Chocs instantanés ou vibrations courtes horizontales ou verticales, sensibles ou insensibles, lentes ou à grande vitesse	Avertisseurs ou analysateurs (avertisseurs Cecchi, Bertelli, sismographes Cecchi, Galli, etc.). Mouvements isolés des pendules.
2° Trépidations.	Vibrations prolongées horizontales ou verticales, sensibles ou insensibles à grande vitesses.	Pendules courts (de moins de 1 mètre de long). (Protosismographe, microsismographe de Rossi). Ressorts spéciaux (sismodynamomètre Galli). Microphone.
3° Ondulations microsismiques.	Ondulations lentes et insensibles de longue durée. . . .	Pendules longs de plus de 1 mètre (microsismographe de Rossi, tromomètre normal). Microphones (auscultateur endogène Mugna, microphone sismique).
4° Oscillations lentes du sol.	*a*. Dénivellations du sol sans vibrations.	Longs pendules, bains de mercure (appareils d'Abbadie, Bouquet de la Grye, etc.).
	b. Mouvements séculaires. . . Affaissements ou relèvements géologiques des terrains. . .	Marégraphes. Nivellements de précision effectués à des époques différentes dans une même région.

V. — PRINCIPAUX RÉSULTATS DES OBSERVATIONS SISMOLOGIQUES.

Mouvements du sol dus à des causes artificielles.

Pour pouvoir étudier avec certitude les mouvements sismiques naturels, il est indispensable de connaître les effets produits par les mouvements artificiels.

Des causes accidentelles nombreuses communiquent

(*) *Programma dell' osservatorio ed archivio geodinamico*, p. 78.

au sol des mouvements vibratoires qui se transmettent parfois à de grandes distances.

Le capitaine Denman a observé, jusqu'à une distance horizontale de 400 mètres de la voie, les vibrations produites par le passage d'un train de marchandises. Le sous-sol était formé de grès. Dans le sens vertical, au-dessus d'un tunnel percé dans le grès, l'effet n'était, au contraire, perceptible que jusqu'à 30 mètres.

Sir G. Airy, l'éminent directeur de l'Observatoire de Greenwich, avait remarqué, il y a une vingtaine d'années, que l'observation des étoiles dans le bain de mercure était impossible à cause du tremblement de l'image, les nuits consécutives des jours de fête, où le public anglais a l'habitude de venir prendre ses ébats dans le parc entourant l'observatoire.

Le professeur M. Paul, cherchant, pour l'Observatoire de Washington, un emplacement qui fût à l'abri des trépidations locales, remarqua qu'en regardant l'image d'une étoile dans un bain de mercure placé à proximité d'une voie ferrée, on pouvait reconnaître, à 1.600 mètres de distance, l'arrivée d'un train, avant d'en entendre le bruit.

L'étude, rationnellement faite, des trépidations artificielles du sol, pourrait sans doute aider à la découverte des lois qui régissent la propagation des mouvements sismiques proprement dits.

Mouvements géosismiques naturels.

a. *Tremblements de terre proprement dits. Secousses et trépidations* — D'après le professeur A. Perrey, et d'après E. Mallet, qui a dressé une volumineuse statistique de 5.879 tremblements de terre, ces phénomènes, considérés dans leurs rapports avec les phases du soleil et de la lune, seraient beaucoup plus fréquents :

D'une part : En hiver qu'en été ;

D'autre part : Au moment des syzygies, lorsque la lune est à son périgée, et passe près du méridien moyen de la région considérée.

M. le professeur J. Milne, du Collège impérial de Tokio, a tiré les mêmes conclusions de l'examen de 387 tremblements de terre observés en deux années dans le Japon septentrional. Il a, en outre, extrait de son étude les conséquences suivantes, qui ne manquent pas d'intérêt:

1. Sur 100 secousses sismiques ressenties au Japon, 84 prennent naissance dans des mers profondes, au voisinage des côtes ou sur les rivages mêmes, caractère déjà observé dans l'Amérique du Sud.

Les régions les plus affectées sont les plaines basses; pendant que les parties montagneuses restent relativement épargnées.

Il n'existe pas de relation directe entre l'activité volcanique et l'activité sismique : les tremblements de terre observés dans le voisinage immédiat des volcans sont relativement peu nombreux ; ils sont, au contraire, très communs dans les régions qui ont subi un récent et rapide exhaussement.

2. Les tremblements de terre ressentis au Japon pendant les six mois d'hiver sont à ceux observés pendant l'été dans le rapport de 2,75 à 1 ; ou même dans celui de 3,5 à 1, si l'on tient compte de l'intensité relative des trépidations.

La comparaison du nombre des secousses avec les variations de la température montre que les premières atteignent, en général, leur maximum de fréquence un peu avant les minima de température.

3. Contrairement aux déductions de MM. Perrey et Mallet, les tremblements de terre au Japon ne présentent aucune relation appréciable avec les phases de la Lune ou avec sa distance à la Terre.

Les secousses paraissent être cependant un peu plus

nombreuses au moment de la basse mer que pendant les autres phases de la marée.

4. Il n'existe le plus souvent aucune relation entre la direction générale de propagation du mouvement et la direction des vibrations du sol en un point donné.

La période, comme l'amplitude du mouvement vibratoire, mesurées à l'aide d'instruments identiques, peuvent être extrêmement différentes dans deux localités voisines distantes seulement de quelques centaines de mètres.

5. Deux localités éloignées l'une de l'autre peuvent être ébranlées toutes deux par une secousse qui n'est aucunement ressentie dans une localité intermédiaire.

6. Un tremblement de terre est constitué normalement par une série de mouvements irréguliers d'une durée totale de 20 à 60 secondes. On constate généralement, au début, des vibrations excessivement courtes, assez rapides même parfois pour produire des sons en se transmettant à l'air ; ce qui expliquerait les bruits précurseurs fréquemment entendus avant les grands tremblements de terre. A ces vibrations succèdent brusquement une ou plusieurs secousses, d'amplitude beaucoup plus grande, constituant le tremblement de terre proprement dit.

Le phénomène se termine par une longue série de vibrations, de longueur et de vitesse très irrégulières, qui se ralentissent de plus en plus et finissent par s'éteindre.

La durée d'un tremblement de terre est ainsi fonction de la sensibilité des appareils employés à la mesurer.

L'amplitude des secousses constituant un tremblement de terre proprement dit est ordinairement comprise entre 1 et 10 millimètres ; celle des mouvements ondulatoires non accompagnés de secousses varie entre $0^{mm},1$ et 1 millimètre ; la durée de leur période peut aller de $0^{s},2$ à 1 seconde.

7. La vitesse de propagation des ondes sismiques varie, dans de larges limites, de 100 mètres par seconde à 1.000 mètres et plus.

Elle est en général d'autant plus grande que la secousse initiale a été plus forte, et elle décroît à mesure que l'onde s'éloigne du foyer d'origine.

M. Magnus Nyrèn a observé, à la suite d'un tremblement de terre survenu à Iquique (Pérou), des oscillations atteignant jusqu'à 2 secondes dans la bulle d'un niveau sensible de l'Observatoire de Pulkova. Il en a conclu que la vitesse moyenne de transmission de l'ébranlement devait être de $2^k,4$ par seconde.

D'une manière générale, les tremblements de terre proprement dits paraissent obéir à des lois moins nettes et moins marquées que leurs diminutifs, les mouvements microsismiques.

b. *Mouvements microsismiques.* — Les observations faites à ce sujet depuis une dizaine d'années en Italie ont conduit à d'intéressantes conclusions :

a. Le sol de la péninsule italienne paraît être dans un état vibratoire permanent. On constate des périodes d'extrême agitation, qui ont reçu le nom de *bourrasques sismiques*, et qui durent d'ordinaire une dizaine de jours. Ces bourrasques, qui sont séparées par des intervalles de calme relatif, sont plus régulières en hiver surtout, mais elles présentent des maxima bien marqués à l'époque des équinoxes d'automne et du printemps, où elles dégénèrent habituellement en tremblements de terre. Elles sont souvent aussi en relation étroite avec les brusques variations barométriques. On leur donne alors le nom de *bourrasques barosismiques*, pour les distinguer des premières, désignées du nom de *bourrasques volcanosismiques.*

b. Au début d'une tempête sismique, les vibrations sont d'habitude courtes. Une bourrasque durant deux ou trois jours peut se souder à une autre bourrasque.

Une dépression barométrique survenant pendant une tempête sismique en augmente l'intensité, tandis qu'une

élévation du baromètre tend au contraire à l'éteindre.

c. Les bourrasques sismiques, tantôt restent purement locales, tantôt font sentir leur action sur une grande étendue de pays.

d. L'orientation du plan d'oscillation du tromomètre est différente en chaque lieu, suivant l'allure des chaînes de montagnes ou des vallées voisines. D'après M. de Rossi, cette orientation serait normale à la direction des failles, les lèvres des fractures subissant un mouvement alternatif d'élévation et d'abaissement qui donnerait naissance à deux séries d'ondes, les unes parallèles, les autres perpendiculaires à la direction des lignes de fractures.

e. Les mouvements microsismiques n'auraient, d'après le P. Bertelli, aucune relation avec la pluie, le vent, les variations de la température ou de l'électricité atmosphérique. D'après M. Galli, ils augmenteraient d'intensité quand le soleil et la lune sont près du méridien.

f. Les ondulations microsismiques observées dans différentes villes ne sont pas absolument synchrones, mais se succèdent à de courts intervalles.

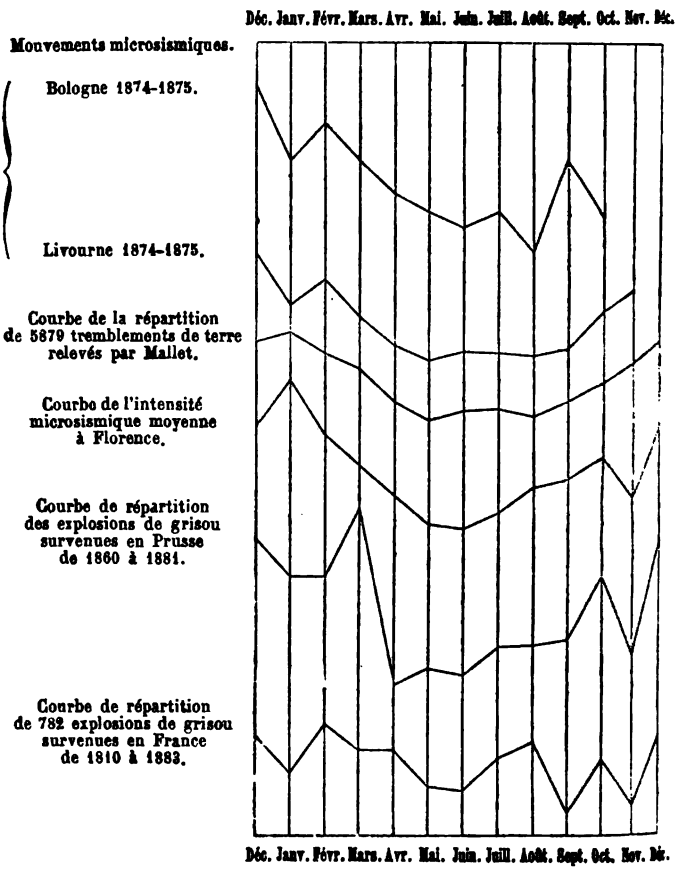
g. Les courbes annuelles d'activité sismique moyenne pour chaque mois présentent la même allure générale pour différentes localités. Elles offrent des minima vers le solstice d'été, des maxima vers le solstice d'hiver, et montrent un accord remarquable avec la courbe de répartition par mois des 5.879 tremblements de terre relevés par Mallet.

A Florence, les trépidations verticales microsismiques augmentent généralement d'amplitude et d'intensité à l'approche d'un tremblement de terre.

h. Il arrive parfois qu'un tromomètre indique des mouvements sismiques intenses pendant qu'un appareil identique, installé à une faible distance, reste complètement inerte. Ceci semblerait démontrer l'existence

dans le sol de lignes nodales et de ventres, comme il s'en forme sur les plaques vibrantes.

i. Les dégagements naturels de gaz sont plus abondants pendant les périodes d'agitation sismique, et la



(Voir, à l'égard du diagramme ci-dessus, la page 260.)

courbe des accidents de grisou dans les houillères (voir le diagramme ci-dessus), classés par mois, présente une allure comparable à celle de la courbe mensuelle tromométrique; mais ce dernier résultat peut tenir au moins en

partie à l'activité plus grande de l'exploitation des mines pendant la période hivernale.

VI. — PREMIERS ESSAIS DES APPAREILS ITALIENS EN FRANCE.

Dès que nous avons reçu les appareils commandés en Italie, nous les avons installés, savoir :

D'un côté, un tromomètre et un microsismographe à l'École des mines de Paris ;

De l'autre, un tromomètre seul à l'École des maîtres mineurs de Douai.

Les tromomètres ont été observés journellement depuis le commencement de février, à Paris (*) et à Douai (**).

Les résultats de ces observations ont été consignés régulièrement dans les quatre premières colonnes de feuilles dont le modèle est reproduit ci-dessous, les autres colonnes étant réservées pour la transcription des résultats des observations météorologiques :

Observatoire sismologique.

Mois d Station de

DATE.	HEURE.	TROMOMÈTRE.		BAROMÈTRE réduit à 0° et au niveau de la mer.	VENT.		TEMPÉRATURE.	OBSERVATIONS.
		Amplitude des oscillations.	Orientation des oscillations.		Force.	Direction.		

(*) Par M. Pellé, ingénieur des mines, attaché au secrétariat du conseil général des mines, assisté de M. Babu, élève-ingénieur, et de M. Rey, élève externe.

(**) Par MM. les gardes-mines Maris et Cambessedès, professeurs, et Poteau, secrétaire à l'École.

Le tromomètre de Paris a accusé des mouvements très peu sensibles, comme nous nous y attendions du reste, le centre du bassin de Paris étant essentiellement stable et les tremblements de terre y ayant fait à peine quelques apparitions.

Le microsismographe, installé à côté du tromomètre, mais qui n'a pu encore être muni de son enregistreur, donnera peut-être, par des constatations continues, le moyen de juger si les petits mouvements observés sont dus aux ébranlements urbains du sol ou se rattachent à une cause endogène.

Les résultats des observations de Douai ont, au contraire, déjà présenté un certain intérêt par le rapprochement des intensités, des oscillations perçues, des variations barométriques et des dégagements de grisou.

Les variations barométriques ont été communiquées par la station météorologique de Douai.

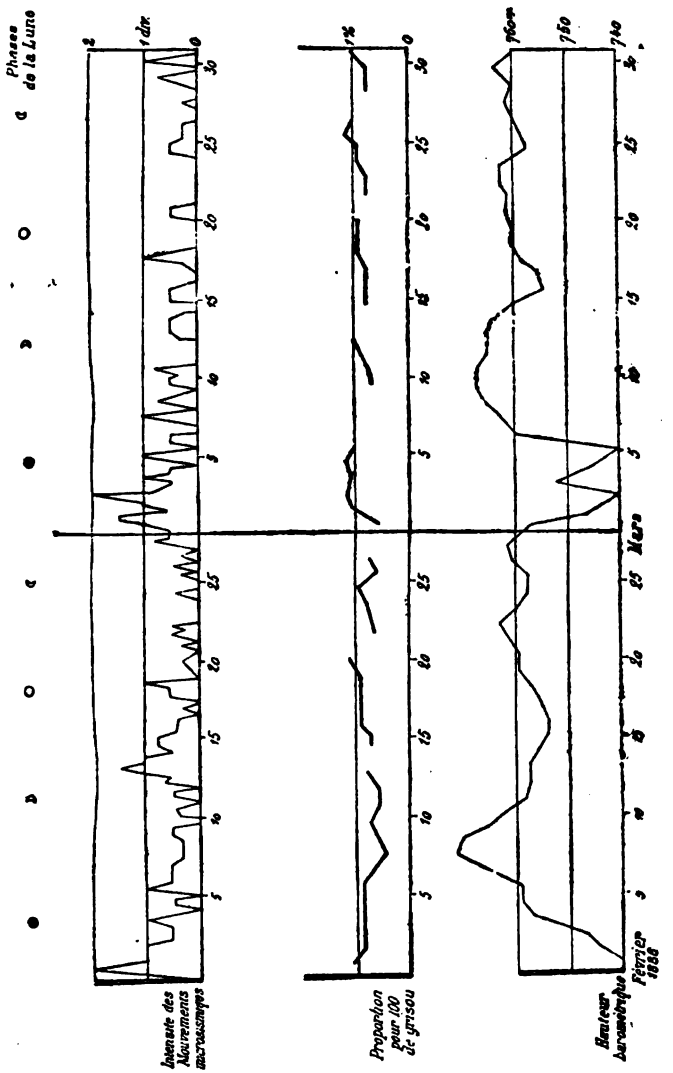
Celles des dégagements de grisou ont été fournies, d'après des observations faites à la lampe Pieler, par un service spécial fonctionnant à la fosse Hérin de la Compagnie d'Anzin (*).

Le diagramme ci-contre, établi par M. Chesneau, qui a organisé le service d'observations tromométriques à l'École de Douai, traduit les trois catégories de variations par l'accidentation des trois lignes dont les ordonnées sont élevées sur la même droite des abscisses marquant le temps.

L'examen comparatif de ces lignes montre qu'il y a dans l'ensemble une corrélation marquée entre les trois catégories de phénomènes. Les maxima ou les minima ne se correspondant pas tout à fait comme dates, mais il y a une coïncidence parfaite entre les deux minima mi-

(*) Service remarquablement bien installé par M. François, ingénieur en chef de la compagnie.

nimorum de pression barométrique (1er février et 3 mars)



et les maxima maximorum, tant des mouvements microsismiques que des proportions de grisou.

Les interruptions de la ligne du grisou correspondant aux jours de chômages, on voit que la proportion de grisou va presque toujours en augmentant régulièrement depuis le commencement de la semaine jusqu'à la fin, ce qui tient à ce que l'activité de l'abatage va en croissant jusqu'au vendredi soir, de sorte que les effets des influences barométriques et microsismiques doivent être en partie masquées.

Il ne faut certes pas s'exagérer la signification d'un rapprochement fourni par une courte période d'observation, mais ce rapprochement peut au moins être considéré comme un encouragement pour la poursuite des études que nous entreprenons et dont nous tenons à rappeler le but : la recherche de la corrélation qui peut exister entre les phénomènes sismiques et les dégagements de grisou.

Nous avons donné au même titre, à la page 256, un diagramme établi par MM. Lallemand et Chesneau, d'après divers documents, et qui montre pour les divers mois de l'année la relation existant entre les phénomènes volcaniques et les accidents de grisou.

La corrélation des accroissements de l'activité microsismique et des dépressions barométriques semble bien indiquer déjà que, si ces dépressions développent les dégagements de grisou, c'est peut-être moins par effet de succion sur la houille mise à nu que par suite des tensions compressives qu'elles déterminent en déformant localement les parties de l'écorce terrestre, qui comprennent les couches ou les amas de gaz.

En terminant notre compte rendu, il paraît d'autant plus à propos de rappeler notre but, bien délimité et essentiellement pratique, que les derniers tremblements de terre ont fait entreprendre des études qui sont aussi poursuivies dans les observatoires météorologiques, mais qui sont d'un tout autre caractère que les nôtres, car elles visent l'origine des phénomènes sismiques dont nous nous

proposons seulement d'analyser un des effets, comptant d'ailleurs que cette analyse ne sera pas inutile pour l'établissement de la théorie générale.

ANNEXES

A. — Note sur les mouvements microsismiques.

Extrait de la *Geologia d'Italia* (Milan, 1883). Troisième partie intitulée : *Vulcani e fenomeni vulcanici in Italia*, par Joseph MERCALLI, p. 332.

Les tremblements de terre proprements dits sont des mouvements du sol, souvent légers, mais suffisants pour produire une impression sur nos sens, soit directement, soit au moyen d'appareils sismométriques ordinaires. En outre de cela, la croûte terrestre est sujette à des mouvements ou vibrations très ténus, révélés seulement par des sismomètres d'une sensibilité très grande et que l'on ne peut observer qu'à l'aide d'un microscope : ce sont ces mouvements que l'on désigne à présent sous le nom de *microsismiques*.

§ 1. — *Historique.*

Déjà au XVIIe et au XVIIIe siècle, quelques physiciens annoncèrent que les longs pendules présentent souvent des mouvements très petits et irréguliers d'origine inconnue. Le baron de Grante, en 1753, en observant attentivement un pendule de 11 pieds de long, suspendu dans une grotte près de Louviers en Normandie, remarqua un mouvement continuel de forme elliptique qu'il attribua à des mouvements insensibles du sol (*).

En 1767, l'astronome Le Gentil, en faisant des observations astronomiques à Manille, constata des mouvements très petits

---

(*) T. Bertelli. Appunti storici in torno alle ricerche sui piccoli et spontanei moti dei pendoli, fatte dal secolo XVII in poi. (*Bull. di Bibliogr. et storia delle scienze*, di B. Buoncompagni, t. VI, 1873.)

du sol, inappréciables par les sens (*). En 1783, l'astronome Oriani, à Milan, et le mécanicien Salsano, à Naples, constatèrent des mouvements insensibles du sol pendant le grand tremblement de terre des Calabres de cette même année.

Au commencement de ce siècle, l'astronome Angelo Cesaris étudia attentivement les petits mouvements du fil à plomb d'un quadrant mural et de l'instrument des passages à l'observatoire astronomique de Brera, à Milan (**) : il ne leur attribua pas une origine endogène ou sismique, mais il les mit sur le compte d'actions diverses exercées sur les murailles ou les fondations de l'édifice par des agents atmosphériques, chaleur, humidité, sécheresse, etc., explication qui sera reproduite plus tard.

Delcros, le 17 septembre 1805, pendant qu'il faisait des observations géodésiques dans les Vosges, constata de fortes oscillations dans la bulle de son niveau, sans avoir remarqué de secousse sensible de tremblement de terre. Le même phénomène fut observé par lui une autre fois à Narbonne, en 1832.

De nombreuses observations ont été faites avec le plus grand soin par M. d'Abbadie sur les variations des bulles de niveaux en 1837 au Brésil, puis en Abyssinie et en France (***). Il constata ainsi que la surface terrestre est sujette à de lentes et très petites oscillations, entraînant des changements de la verticale. M. Plantamour, dans ces dernières années, a répété ces délicates expériences en Suisse et obtenu des résultats semblables (****).

§ 2. — *Études modernes faites en Italie sur les mouvements microsismiques.*

En 1855-56, le chanoine Pamietti, d'Alexandrie en Piémont, fit de nombreuses et délicates expériences sur les petits mouvements spontanés du pendule, en apparence tranquille. Mais ces obser-

---

(*) Perrey. Suppléments aux notes sur les tremblements de terre 1843-1868, p. 67 des *Mém. cour. de l'Académie belge*, t. XXIII. (Perrey cite encore d'autres observations microsismiques faites par les astronomes : M. Wagner, par exemple, à l'observatoire de Pulkowa, a observé des mouvements insensibles du sol en 1846, 1849, 1861, 1863 et 1867.)

(**) Angelo Cesaris. Sul movimento oscillatorio et periodico delle fabriche (*Ephémérides astronomiques de Milan*, 1813-1814).

(***) A. d'Abbadie. *Études sur la verticale* (1872).

(****) Plantamour. Sur le déplacement de la bulle des niveaux à bulle d'air. *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, juin 1878. — Plantamour. Sur les mouvements périodiques du sol. *Ibidem*, février 1881.

vations restèrent isolées et peu connues jusqu'à ce que le P. Bertelli, en 1870, en observant attentivement un simple sismomètre à pendule, y nota de fréquentes oscillations, sans que d'ailleurs on eût ressenti de secousses de tremblement de terre. Pour prouver que ces petits mouvements y sont vraiment d'origine sismique, il chercha à éliminer toute cause d'erreur en isolant son pendule et en le plaçant sur un support très stable, pour le protéger contre les vibrations provenant des mouvements locaux de l'édifice. Il eut de plus l'idée heureuse d'appliquer à ces observations un microscope muni d'une échelle micrométrique. Bertelli appelle *tromosismomètre* le premier instrument inventé par lui pour observer non seulement les tremblements de terre sensibles, mais aussi les mouvements microsismiques, c'est-à-dire insensibles et microscopiques, du globe.

Avec le tromosismomètre, le P. Bertelli observe non seulement les plus petits mouvements d'oscillation et de vibration verticale du pendule, mais encore il constate l'abaissement et le soulèvement lents du sol, révélés par les variations de la verticale, c'est-à-dire par les changements de position du pendule, tant oscillant que tranquille.

Quelque nombreuses et délicates qu'eussent été les observations du P. Bertelli, quelques sismologues, et spécialement le professeur Monte, de Livourne, doutèrent de l'origine endogène des mouvements microscopiques du pendule tromométrique.

Monte, par ses propres expériences exécutées à l'observatoire de Livourne, a prétendu démontrer que les petites oscillations du pendule, réputées de nature sismique, sont au contraire produites par le vent, les variations de température et diverses causes accidentelles de vibration mécanique du sol.

Il a été dit plus haut que telle était aussi l'opinion de l'astronome Angelo Cesaris. Monte observa que les petites déviations du fil à plomb étaient en général plus grandes pendant les passages brusques de l'atmosphère, de l'état de grande sécheresse à celui de grande humidité, de l'état de calme au vent, du froid à la chaleur; elles étaient surtout sensibles dans le cas de vent très sec et violent ou de pluies prolongées. Il remarque que le fil méridien de l'instrument des passages se déplace vers l'Est jusque vers la fin du milieu du jour, puis par degrés insensibles et dans des intervalles de temps égaux revient le soir à sa position primitive. (Cesaris avait noté que cette déviation était jusqu'à cinq ou six fois plus forte dans les journées sereines et très chaudes de l'été que dans les jours purs et sereins de l'hiver.)

Il trouve aussi, que toutes choses égales d'ailleurs, le mouvement était minime et même nul les jours nuageux à température constante, et maximum les jours sereins à température variant beaucoup.

Malgré les observations anciennes de Césaris et celles récentes du professeur Monte, le P. Bertelli et le professeur M. S. de Rossi soutiennent l'origine endogène des mouvements microsismiques, car ils prétendent avoir pris toutes les précautions possibles pour éliminer l'action sur le tromomètre du vent, du soleil et de toute autre cause externe, capable de déterminer de petits mouvements dans le pendule.

M. Mercalli trouve très concluantes les expériences entreprises en 1874 par M. de Rossi, qui les a faites simultanément sur des pendules suspendus dans une grotte souterraine, à Rocca di Papa, sur les collines du Latium, dans les parties les plus profondes des catacombes de Saint-Calixte, et dans l'intérieur de Rome. Or voici les principaux résultats obtenus.

1° On constate des périodes de calme parfait dans les pendules installés sous terre ou dans des édifices, aussi bien en été qu'en hiver, le jour que la nuit, quand l'atmosphère est tranquille ou pendant des vents très violents.

2° En comparant les observations microsismiques faites à diverses stations, Rome, Rocca di Papa, Florence, Livourne, Bologne, il se trouve qu'elles coïncident en général dans tous les maxima et minima de mouvement.

3° M. de Rossi observe des mouvements d'amplitude très diverse dans des pendules de poids et de longueurs différents. C'est ce que l'on vérifie même dans des tremblements de terre sensibles, ainsi que l'a remarqué le premier le P. M. Cavalieri.

La plus grande partie des périodes microsismiques coïncident avec les agitations (certainement sismiques) du sismographe du Vésuve; et la majeure partie des tremblements de terre sensibles de quelque importance arrivent après une période d'agitation microsismique.

Ces deux derniers faits, conclut M. de Rossi, suffisent à démontrer l'intime connexion entre les mouvements sismiques et microsismiques.

Le P. Bertelli, continuant ses observations, se persuada de plus en plus de la nature endogène des mouvements pendulaires du tromomètre. Pour démontrer l'indépendance de ces mouvements et des variations de la température, il compara les moyennes tromométriques et les variations notables de tempé-

rature observées à Florence; sur 504 cas, il trouva 426 discordances entre les susdites variations. On voit que le résultat contraire aux conclusions d'Angelo Cesaris, obtenu par le P. Bertelli, doit faire supposer que les instruments tromométriques de ce dernier se trouvent vraiment dans des conditions telles qu'ils sont soustraits à l'action solaire et en général à toutes les variations atmosphériques; ce qui n'était évidemment pas le cas des instruments astronomiques de Cesaris.

A la suite des premières observations du professeur Parnisetti, les professeurs P. Bertelli, Monte, de Rossi, et beaucoup d'autres sismologues italiens ont entrepris, dans ces trois ou quatre dernières années, des observations microsismiques. Ainsi, déjà en 1882, quatorze observatoires microsismiques (*) publiaient régulièrement leurs observations tromométriques par décades dans le *Bulletin du Vulcanisme italien* du professeur de Rossi, et dans le *Bulletin météorologique* du club Alpin de Moncalieri.

Les professeurs Bertelli et de Rossi ont composé ensemble un tromomètre normal, qui a été adopté dans toutes les stations sismologiques, et rend les observations plus facilement comparables entre elles. Ils ont proposé que la partie essentielle de l'instrument, c'est-à-dire le pendule, eût $1^m,50$ de longueur avec un poids de 100 grammes. Le professeur de Rossi a inventé aussi un microsismographe, c'est-à-dire un instrument destiné à obtenir l'enregistrement automatique des mouvements microscopiques de cinq pendules de différentes longueurs. Enfin, comme le tromomètre normal ne met en évidence que les mouvements horizontaux, le P. Bertelli a construit un instrument spécial, appelé *orthosismomètre*, pour révéler les plus petites secousses verticales du sol.

Le P. Camille Melzi, pour rechercher la vraie nature des mouvements microsismiques, a fait une patiente comparaison entre les périodes d'agitation tromométrique et celles d'abaissement barométrique observées en Italie, de 1873 à 1876, et il est arrivé aux importantes conclusions suivantes :

1° A un abaissement barométrique, d'une durée surpassant deux ou trois jours, correspond toujours, dans toute l'Italie, une agitation sensible du tromomètre, durant presque exactement le temps pendant lequel le baromètre s'est tenu au-dessous de la moyenne annuelle.

(*) Bologne, Rimini, Florence, Livourne, Fermo, Monte Fortino, Narni, Viterbe, Rome, Rocca di Papa, Velletri, Ceccano, Foggia, Corleone.

2° Au contraire, dans les périodes d'élévation durable du baromètre, les tromomètres, généralement agités, sont calmes.

3° Les maxima microsismiques coïncident presque exactement avec les minima barométriques de Rome, soit que l'on considère les abaissements au-dessous de la moyenne annuelle, soit que l'on considère les fluctuations barométriques durant une période sismique, à laquelle ne correspond pas un abaissement barométrique au-dessous de cette moyenne.

4° Les mouvements tromométriques isolés, non communs à tous les observatoires, ne coïncident pas avec les abaissements barométriques ; on doit les considérer comme tout à fait sismiques, c'est-à-dire de la nature des vrais tremblements de terre.

Le P. Bertelli, en partant de ces faits et d'autres semblables, classe en deux groupes les mouvements observés avec le tromomètre : il appelle ondes barosismiques ces agitations régulières, dont la manifestation se montre d'accord avec les dépressions barométriques; et ondes sismiques celles qui sont isolées, exceptionnelles et indépendantes de ces dépressions.

Quant aux mouvements microsismiques verticaux, observés avec l'orthosismomètre, le P. Bertelli a trouvé qu'ils ne se montrent pas généralement durant les périodes de mouvements barosismiques horizontaux. Et M. de Rossi, en comparant les observations microsismiques des diverses stations italiennes, a trouvé que les mouvements verticaux étaient beaucoup plus fréquents que les horizontaux. On le vérifie en premier lieu à Monte Fortino d'Ascoli, dans les Marches, puis à Viterbe, à Rome et à Narni.

Enfin on doit considérer comme très importante l'observation faite par beaucoup de sismologues italiens, que les secousses sensibles de tremblements de terre sont d'habitude précédées d'agitations microsismiques extraordinaires, et en particulier de secousses verticales. Ainsi le P. de Rossi affirme que « dans les lieux où se manifeste un paroxysme sismique, on commence par observer une notable et croissante agitation tromométrique, que cette agitation est plus grande dans les localités les plus proches du centre sismique et va progressivement en diminuant à mesure que l'on s'éloigne de l'endroit menacé ».

Si ces études ultérieures confirment les déductions de l'éminent sismologue italien (*), on est fondé à croire que l'on arri-

(*) Les faits relatés dans l'*Histoire des tremblements de terre*, où généralement les secousses violentes furent précédées d'autres plus légères et de frémissements presque insensibles du sol, semblent confirmer cette théorie.

vera rapidement à la solution de ce problème si intéressant pour l'humanité : la prévision des tremblements de terre.

§ 3. — *Le microphone employé comme instrument microsismique.*

En 1878, à peine les journaux avaient-ils rapporté d'Amérique la découverte du microphone, que le professeur de Rossi pensa à l'appliquer à l'observation des bruits souterrains d'origine sismo-volcanique non perceptibles aux yeux (*) et de le transformer ainsi en « *auscultateur endogène* », permettant aux sismologues d'étudier les phénomènes internes de la machine terrestre, comme les médecins avec des appareils analogues le font pour l'organisme humain. Il fit ses premières expériences en plaçant le microphone dans une grotte souterraine à Rocca di Papa, dans des conditions telles qu'il fût soustrait le plus possible à tous les bruits venant de la surface. En notant attentivement les divers sons donnés par le microphone, M. de Rossi a pu les grouper en cinq classes, savoir : les roulements, les crépitements, les frémissements, les coups isolés ou de mousqueterie, et les sons métalliques ou de cloche. Il a trouvé que les deux premières sortes de sons étaient causés par les rumeurs locales et artificielles, et que l'on pouvait les reproduire à volonté. Les frémissements ne peuvent être reproduits qu'en faisant éclater une mine dans un souterrain éloigné du lieu où se trouve le microphone, ou bien en frottant l'un contre l'autre les fils conducteurs de l'appareil. Les frémissements, ainsi que les deux dernières sortes de bruits microphoniques, qui ne peuvent pas être reproduits sous l'action de bruits ordinaires exogènes, doivent être d'origine endogène. M. de Rossi, en observant le microphone pendant de petites secousses de tremblement de terre sensibles, a remarqué, en effet, que les secousses étaient précisément précédées et accompagnées des bruits microphoniques spéciaux des trois dernières catégories.

Pour compléter sa démonstration, M. de Rossi a porté le microphone à la Solfatare de Pouzzoles et au Vésuve. Au premier endroit, le microphone a donné de forts frémissements accom-

(*) M. S. de Rossi. *Bull. del vulc. it.*, an V, 1878, *et Meteorologia endogene*, t. II, l. I, c. IX. — Le comte C. Mocenigo, à Vicence, appliqua aussi, en 1878, le microphone à l'étude des phénomènes endogènes.

gnés de coups de mousqueterie et de sifflement, de souffles et de bruits semblables à celui que donne un frein sur les roues d'une voiture. M. de Rossi a réussi à reproduire en grande partie tous les bruits entendus à la Solfatare, en plaçant le microphone sur un vase clos, dans lequel on faisait bouillir de l'eau.

Au Vésuve, en comparant les observations faites simultanément au sismographe et au microphone, il a trouvé que les agitations des deux instruments se correspondaient; et, qui plus est, à chaque qualité de mouvement sismique correspondait un même son microphonique. Les secousses verticales correspondent communément aux coups de mousqueterie, les horizontales aux frémissements.

Ces observations ont donc montré que le microphone peut servir comme un véritable auscultateur endogène, puisquil rend sensibles les moindres sons et rumeurs souterraines de nature sismo-volcanique.

En outre, d'après M. de Rossi, le microphone peut servir à déterminer les éléments essentiels des tremblements de terre, l'intensité et la durée, mieux que les sismomètres et les tromomètres ordinaires. En effet, le microphone traduit en sons les vibrations terrestres, quelles qu'elles soient, tandis que le pendule,suivant sa loi propre d'oscillation, ne se met à osciller que par suite d'ondes sismiques vibrant synchroniquement avec sa période oscillatoire; aussi a-t-on constaté maintes fois l'immobilité des pendules pendant un tremblement de terre sensible; en revanche, on les voit osciller fortement sans avoir ressenti de secousse. C'est pour cela que le P. Cavalieri propose de composer les sismomètres avec un grand nombre de pendules de longueurs différentes. Les pendules ne donnent donc pas toujours, avec la même certitude que le microphone, l'intensité des mouvements sismiques et microsismiques.

On peut dire aussi que le microphone est le premier instrument qui ait indiqué exactement le temps de durée des ondes sismiques, car les sismomètres connus jusqu'ici continuent, en vertu de leur inertie, à osciller après la cessation de tout mouvement.

B. — Note sur les déviations de la verticale dues à l'attraction de la Lune ou à l'élasticité du sol.

Extrait du rapport de MM. G. et H. DARWIN, *British association*, 1re partie, York, 1882; 2e partie, Southampton, 1882.

I. — *Expériences de MM. Darwin.*

La première idée de recherches sur les déviations du fil à plomb dues à l'attraction de la Lune fut suggérée à MM. Darwin, en 1878, dans une visite à M. William Thomson, qui avait installé dans le laboratoire de l'Université de Glasgow un appareil destiné à cette étude.

L'instrument se composait essentiellement d'un pendule long de 5 pieds (1m,525) et d'un petit miroir de galvanomètre porté par deux fils de cocon très voisins, attachés, l'un à l'extrémité inférieure du pendule, l'autre à un point fixe très rapproché de cette extrémité.

L'appareil tout entier était placé au milieu d'une sorte de caisse en papier qui le mettait à l'abri des courants d'air. Une fenêtre, fermée par une glace et située en face du miroir, permettait de projeter sur ce dernier le faisceau de lumière émis par une lampe. L'image réfléchie venait se peindre sur une échelle et décelait ainsi les mouvements du pendule.

Cet instrument ne révélait naturellement que les déplacements du pendule normaux au plan des fils et du miroir.

L'image réfléchie se montrait perpétuellement en mouvement, même les dimanches où, en Angleterre, la circulation urbaine est presque nulle. Le point lumineux parcourait parfois près de 180° en quelques heures.

En se balançant sur les deux pieds à une distance de plus de 3 mètres de l'instrument, on déterminait facilement de larges oscillations de l'image.

Un nouvel appareil, établi sur le même principe, mais avec des précautions infinies pour le mettre à l'abri de toutes les causes perturbatrices, fut installé, en novembre 1879, par MM. Darwin dans le laboratoire de Cavendish, à l'Université de Cambridge.

Le poids qui formait le pendule était en cuivre pur, spécialement préparé pour cet objet par voie de précipitation chimique.

Exempt de toute trace de fer, il devait échapper à toute influence de la part du magnétisme terrestre.

Le pilier qui supportait l'appareil était complètement isolé des murs du bâtiment, et une fosse avait été creusée tout autour sur une profondeur de près d'un mètre.

Le pendule lui-même, long de 1m,48, était porté par un solide trépied en fonte.

Le plan des fils et du miroir était dirigé Est-Ouest de manière que l'appareil enregistrait les déplacements Nord-Sud du pendule.

L'appareil entier était renfermé dans une cage remplie d'eau jusqu'au sommet, de manière à atténuer l'influence des variations de température et à éteindre les petites oscillations parasites du miroir et du pendule, celles du moins dont la durée d'oscillation était inférieure à une demi-minute.

L'expulsion des bulles d'air adhérentes à la surface du pendule présenta de grandes difficultés, dont on ne triompha qu'en employant de l'eau bouillie et en prenant des précautions spéciales pour le remplissage.

Lors des essais préliminaires, l'image se montra moins instable que dans l'appareil de Glasgow. Néanmoins le poids d'une personne placée dans la tranchée, derrière le massif de fondation, produisait une déviation sensible du pendule.

Les oscillations de l'image, observées pendant plusieurs jours de suite, montrèrent un maximum journalier de déviation vers le nord, entre 5 et 7 heures du soir.

On aurait probablement constaté une marche inverse vers le sud dans la période correspondante de la matinée.

Cette oscillation diurne est attribuée, en partie du moins, à une déformation subie par le support en maçonnerie sous l'influence des variations journalières de la température. — On reconnut que l'échauffement de l'une des faces du pilier par la lampe de l'appareil produisait rapidement une déviation notable.

En touchant du doigt seulement l'une des jambes du trépied en fonte, on constatait également un déplacement marqué de l'image par suite de la dilatation de cette jambe.

Bien que l'appareil ainsi établi ne pût enregistrer que les déviations Nord-Sud du pendule, on comprend que tout déplacement du poids dans le sens perpendiculaire devait modifier la sensibilité de l'instrument.

Pour remédier à cet inconvénient, on remplaça par une suspension bifilaire le fil unique auquel était attaché le poids du pendule.

De plus, on supprima le trépied en fonte et on lui substitua une console en ardoise fixée au sommet d'une potence.

L'eau, dans laquelle plongeait l'appareil, fut remplacée par un mélange plus visqueux, formé d'alcool et d'eau préalablement privés d'air par un séjour de trois heures dans le vide.

Pour éviter l'action perturbatrice de la lampe, on observait, à l'aide d'une lunette, l'image réfléchie de l'échelle directement éclairée et placée à 5 mètres en avant du miroir mobile.

La lampe ne restait d'ailleurs allumée que juste le temps nécessaire aux lectures.

Enfin, on détermina expérimentalement la valeur des divisions de l'échelle, au moyen d'une petite masse supplémentaire courant sur un fil, à l'aide de laquelle on imprimait au pendule des déviations connues.

L'appareil une fois réglé, on put constater une oscillation diurne, analogue à celle qui avait été observée auparavant, mais moins régulière.

L'image était perpétuellement en mouvement et avançait en moyenne vers le Nord.

On constata de nouveau l'influence marquée d'un échauffement direct du pilier de soutènement; au contraire, on ne produisit que peu ou pas d'effet en essayant de chauffer, par le bas, l'eau contenue dans la cage.

Les deux tiers d'un verre d'eau versés dans la tranchée derrière le pilier produisirent un gonflement du sol qui détermina une déviation marquée de l'image. Celle-ci mit plus d'une heure à revenir ensuite à sa position primitive.

Un troisième essai fut tenté plus tard, en 1881, avec un appareil plus perfectionné encore (voir le croquis Pl. VI, *fig.* 5).

Des dispositions ingénieuses furent imaginées pour prévenir les fuites qui se produisaient sans cesse dans la cage renfermant le liquide.

Celle-ci, M, construite entièrement en métal pour faciliter la répartition de la température, fut placée dans une seconde enveloppe N, également remplie d'eau.

Le pilier même R, qui supportait tout l'appareil et dont la fondation descendait jusqu'à la roche vive, fut entièrement noyé

dans l'eau, de façon à maintenir sa température à peu près constante, la nuit comme le jour.

Le niveau de l'eau était tenu constamment le même dans la cage extérieure et dans la tranchée de fondation TT, à l'aide d'un petit écoulement continu et d'un déversoir D.

Le support proprement dit du pendule était formé d'un tube de cuivre qui constituait en même temps la cage intérieure.

Les premiers essais furent faits en mai 1881.

On constata qu'il suffisait d'exercer avec la main, à une distance de plus de 2 mètres de l'instrument, une pression de quelques kilogrammes sur le sol, pour déterminer une déviation notable de l'image. Et ce qu'on observait là n'était à proprement parler que la différence des effets produits par cette même pression, exercée successivement à 2 mètres et à $2^m,4$ de distance! D'après MM. Darwin, ce degré de sensibilité aurait pu encore être dépassé.

Cette constatation ayant montré l'impossibilité de faire les lectures en se tenant dans la chambre même de l'appareil, les observations furent faites au moyen d'une lunette établie sur l'appui d'une fenêtre donnant dans une chambre contiguë. L'image était ramenée dans le champ de la lunette, avant chaque séries d'expériences, au moyen d'un gros poids que l'on posait sur le sol de la chambre, à un endroit convenablement déterminé. L'un des observateurs se déplaçait à cet effet dans l'intérieur de la pièce jusqu'à ce que l'on vît l'image dans la lunette. Il faisait alors une marque à la place qu'il occupait, venait y poser la masse de fonte et se retirait.

Un système de cordes et de poulies permettait d'actionner du dehors les vis de réglage de l'instrument, ainsi que le bec de gaz qui courait devant l'échelle.

L'image de la flamme était précisée au moyen d'un verre rouge, qui en recouvrait la moitié et dont on visait la tranche.

La sensibilité de l'appareil une fois réglé se montra telle que, malgré toutes les précautions prises pour isoler celui-ci du sol environnant, on pouvait, en se tenant à une distance de plus de 5 mètres en avant de l'instrument, produire une déviation marquée de l'image en reportant simplement le poids du corps du pied gauche sur le pied droit.

Du 21 au 25 juillet, on constata, comme précédemment, une oscillation diurne; mais elle présentait son maximum d'amplitude vers le Nord, à midi, au lieu de l'atteindre entre cinq et sept heures du soir, comme en 1880.

Le 25 juillet, l'image se montra d'une instabilité extrême, comme plus tard aussi, les 9, 10 et 11 août. Mais, dès le 27 juillet, elle était redevenue d'un calme remarquable.

On mesura, à diverses reprises, l'action des trépidations locales sur le pendule, et l'influence de chocs exercés sur le sol par la chute de corps lourds, ou produits sur les parois de la chambre et du massif de fondation, à l'aide d'un marteau pesant.

L'effet fut toujours trouvé à peu près nul.

Cet appareil, certainement le plus délicat et le plus sensible qui ait jamais été réalisé pour ce genre d'études, permettait d'apprécier dans la direction de la verticale une déviation de 1/200 de seconde.

II. — *Rappel des expériences de M. Zöllner* (*).

M. le professeur F. Zöllner a fait des expériences sur les déviations de la verticale, au moyen du pendule horizontal, appareil imaginé, ou du moins réalisé par lui pour la première fois.

Le principe de l'instrument (voir le croquis schématique, Pl. VI, *fig.* 6) est le suivant :

Deux lames de ressort aa', d'égale longueur, fixées solidement à deux appuis B et C, se terminent à leur extrémité libre par deux anneaux que traverse une tige horizontale de verre L, au bout de laquelle se trouve une masse pesante M.

Si les deux points d'attache B et C étaient situés exactement sur la même verticale, le système serait en équilibre indifférent et le levier resterait à volonté dans un azimuth quelconque.

En disposant les points B et C de manière qu'ils ne se trouvent pas tout à fait verticalement l'un au-dessus de l'autre, on donnera au système une légère tendance à se maintenir dans l'azimuth déterminé par les deux points d'attache, et il suffira d'une force horizontale minime pour produire un déplacement angulaire notable du levier. Le même effet sera produit par une faible déviation de la verticale.

M. Zöllner assure qu'avec son appareil, il pouvait apprécier une déviation du fil à plomb de moins de 1/1000 de seconde.

L'observation se faisait au moyen d'une lunette, à l'aide de

(*) *Poggendorfs Annalen*, 1873, vol. 130, p. 131, et vol. 150, p. 134 : « *Uber eine neue Methode zur Messung anziehender und abstössender Kräfte* », « *Beschreibung und Anwendung des Horizontalpendels* ».

laquelle on observait le faisceau de lumière réfléchi par un miroir fixé au levier horizontal.

L'image se montrait très instable; le passage des trains sur une ligne de chemin de fer distante de 1.500 mètres la faisait osciller.

Malgré toutes les précautions prises pour éviter l'effet des variations de température, M. Zöllner ne put mesurer, comme il le cherchait, l'influence lunaire. Pour se mettre à l'abri des changements thermiques il faudrait, dit-il, répéter les observations au fond d'une mine, à la condition toutefois que la chaleur centrale ne vint pas alors apporter des troubles analogues.

Cet instrument est plus sensible que le pendule de MM. Darwin; mais il paraît difficile à tenir à l'abri des variations de température ou des trépidations locales. De plus, sous l'influence prolongée d'une forte tension, l'élasticité des ressorts doit varier et le support lui-même peut se déformer.

III. — *Sur les déviations apparentes de la verticale dues à l'élasticité du sol.*

L'élasticité du sol joue, dans certaines expériences de précision, un rôle plus considérable que l'on ne le croit généralement.

Ainsi M. Darwin a reconnu que, dans les observations faites à l'aide d'un horizon artificiel, la compression du sol, sous le poids de l'observateur (*), entraîne des perturbations bien autrement grandes que celles résultant de l'attraction exercée sur le liquide même par la masse du corps de l'opérateur. Ces deux actions s'ajoutent d'ailleurs dans la plupart des cas.

Ce résultat, déjà constaté directement à l'aide de l'appareil pendulaire de Cambridge, confirme les critiques élevées au

(*) Des expériences sur le même sujet ont été faites en 1883 sous la direction de M. le colonel Goulier, par M. le commandant Richard, à l'aide d'un niveau à lunette. Lorsque l'opérateur, après s'être placé latéralement pour assurer le calage exact de la bulle venait ensuite se mettre derrière l'oculaire pour faire la visée, tenant ses pieds près de la pointe de l'une des jambes du support, il déterminait une compression du sol qui faisait marcher la bulle vers l'objectif de la lunette. Ce déplacement de la bulle correspondait, en moyenne, à un angle de 2″ sur les terrains peu compressibles, comme les accotements des routes ou le ballast des chemins de fer. Dans la terre végétale, les pointes du support étant fortement enfoncées dans le sol, la déviation atteignait presque 2′. (*Note du traducteur L.*)

sujet des expériences de M. Plantamour, qui a employé des niveaux à bulle d'air pour mesurer les déviations de la verticale.

M. Darwin a essayé ensuite de déterminer, au moyen du calcul, les relations existant entre les déviations apparentes de la verticale d'une part et l'élasticité du sol mise en jeu :

1° Par les inégalités de la pression barométrique ;

2° Par les mouvements de la marée, dans le voisinage des côtes.

1° *Influences barométriques.* — Moyennant certaines hypothèses parfaitement admissibles, les déviations relatives de la verticale par rapport au sol, dues aux seules influences barométriques, pourraient atteindre, dans certains cas, près de 0″,03, quantité facilement appréciable avec un appareil aussi sensible que celui expérimenté à Cambridge, lequel décelait des variations ne dépassant pas 0″,005.

D'autre part, l'amplitude de la déviation Nord-Sud, due à l'action luni-solaire, calculée pour Cambridge, serait de 0″,0216.

La simple comparaison de ces deux chiffres, dont le premier, d'ailleurs, est on ne peut plus variable, montre que la détermination expérimentale de la perturbation luni-solaire demeurera pour longtemps encore un problème insoluble, cette perturbation se combinant toujours avec d'autres déviations de grandeur comparable, mais difficiles à connaître avec certitude et précision.

La translation de l'instrument au sein de la plus profonde des mines connues n'améliorerait pas d'ailleurs sensiblement les conditions de l'expérience : la flexion générale du sol devant être, à cette profondeur relativement minime, la même, à très peu de chose près, qu'à la surface.

Les observateurs italiens ont bien signalé une corrélation entre les mouvements sismiques et les cyclones atmosphériques; mais, comme leurs instruments permettent difficilement d'apprécier des déviations apparentes inférieures à 0″,1, cette connexion est sans doute d'une nature différente de celle dont il vient d'être question.

S'il existait quelque part, à la surface de la terre, une région complètement à l'abri des manifestations sismiques, on pourrait peut-être, à l'aide d'un instrument aussi sensible que celui de Cambridge, installé en ce point au fond d'une mine profonde, déceler l'existence de perturbations barométriques à plusieurs centaines de milles de distance. Bien entendu, il serait nécessaire pour cela d'éliminer l'effet de la marée (dont il va être

question), et de tenir compte des attractions exercées sur le pendule par le soleil et la lune au moment de chaque observation.

2° *Action de la marée.* — La recherche des déformations de l'écorce, causées par le jeu de la marée dans le voisinage des côtes, donne lieu aux mêmes calculs, ou à peu près, que le problème précédent. En conservant les mêmes hypothèses sur la rigidité des couches supérieures du sol, M. Darwin a trouvé que la surface d'un continent orienté Nord-Sud et compris entre deux mers, oscillerait alternativement autour d'une ligne nodale moyenne, en gardant à chaque instant une pente sensiblement uniforme, sauf dans le voisinage immédiat des côtes, où cette inclinaison présenterait un accroissement rapide. Le fond des mers, au contraire, subirait pendant ce temps une déformation moins régulière.

L'amplitude de l'oscillation apparente de la verticale, sur les côtes de l'Atlantique, pour une marée moyenne de $0^m,80$ de dénivellation totale, serait de $0'',1$ à 100 mètres du rivage et de $0'',025$ à une distance de 100 kilomètres.

Pour une mer moins étendue dans le sens est-ouest, les mêmes déviations s'obtiendraient à des distances de la côte réduites dans le même rapport que la largeur de la nappe liquide.

Enfin ces déviations seraient elles-mêmes proportionnelles à l'amplitude effective de la marée.

Sir William Thomson a calculé, de son côté, la déviation probable de la verticale, produite par l'attraction d'une lame d'eau de 3 mètres d'épaisseur (l'amplitude de la marée), de 80 kilomètres de largeur dans le sens perpendiculaire à la côte et de 160 kilomètres de longueur parallèlement à celle-ci, pour une profondeur d'eau de 90 mètres (conditions répondant *grosso modo* à celles du cap Saint-Alban). La déviation cherchée serait, dans ce cas, égale à $0'',05$.

D'autre part, d'après M. Darwin, la flexion même du sol serait, toutes choses égales d'ailleurs, proportionnelle à la déviation de la verticale produite par l'attraction de la masse d'eau, et atteindrait quatre fois cette déviation, en admettant pour les couches supérieures de l'écorce une rigidité un peu plus grande seulement que celle du verre.

L'amplitude du déplacement angulaire apparent du fil à plomb serait ainsi, au total, de $0''25$.

En mesurant directement cette déviation, et en comparant

ensuite la valeur observée avec celle fournie par le calcul de l'action luni-solaire combinée avec celle de la marée, on pourrait peut-être, résolvant le problème inverse, déterminer le véritable coefficient de rigidité des couches composant l'écorce de notre planète. Il est malheureusement à craindre que de pareilles recherches ne soient rendues impossibles par l'apparition d'importantes déviations anormales dues à des causes étrangères.

Enfin, l'affaissement du sol, lors du flux, a pour effet d'augmenter l'importance de celui-ci et, par contre-coup, d'accroître l'affaissement lui-même. Ces deux éléments joueraient ainsi, l'un par rapport à l'autre, le rôle de cause à effet, et il en résulterait une aggravation générale des déformations, dont l'effet, négligeable pour des mers de faible étendue, deviendrait très appréciable pour les grands océans. Cette augmentation serait de 1/6 pour l'Océan Atlantique.

IV. — *Expériences sur les dilatations et contractions du sol dues à l'influence de la chaleur et de l'humidité.*

MM. Darwin citent une curieuse expérience sur les dilatations et contractions du sol dues à l'influence de la chaleur et de l'humidité.

On se servait, pour cette détermination, de deux pieux, l'un en acier, l'autre en bronze, enfoncés côte à côte jusqu'à refus dans le sol, à une profondeur de près de 3 mètres et constituant ainsi une sorte de thermomètre bimétallique. La tête de ces pieux passait librement au centre d'une meule en pierre reposant directement sur le sol.

On mesurait, à des intervalles plus ou moins éloignés, les différences de niveau existant, d'une part, entre les têtes des deux pieux et, de l'autre, entre celles-ci et la face supérieure de la pierre. On tirait, de la première donnée, la dilatation des pieux et l'on obtenait, par différence avec la seconde, le soulèvement ou l'affaissement de la pierre et par conséquent du sol.

On a constaté ainsi des dilatations et des contractions de la couche superficielle, atteignant jusqu'à 8 millimètres dans une période de quelques mois.

Ce résultat prouve combien la surface même du sol constitue une base peu stable pour des expériences aussi délicates que celles relatives à la mesure des déviations de la verticale.

V. — *Sur le degré d'utilité de l'observation des déviations apparentes de la verticale.*

Il n'est pas probable qu'avant de longues années le régime de l'atmosphère et celui des mers soient connus avec précision. Le seraient-ils, que l'hétérogénéité des strates géologiques composant notre sol empêcherait de calculer d'une manière exacte les déformations de l'écorce.

La détermination des perturbations de la verticale dues à l'influence luni-solaire doit donc être regardée comme un problème pour longtemps encore insoluble, et il y a peu de chances que des observations sur ce sujet, faites avec des instruments très délicats, puissent conduire à des résultats intéressants. Ces instruments, même placés dans les conditions les plus favorables, décéleraient d'incessantes variations, dont il serait difficile, pour ne pas dire impossible, de distinguer nettement les lois.

Il n'y a donc pas d'intérêt à adopter de semblables instruments pour des observations continues; cependant, en choisissant, pour les installer, des points où l'écorce paraîtrait douée d'une plus grande élasticité, on pourrait peut-être en déduire la valeur du coefficient moyen de rigidité des couches supérieures du sol.

Ces conclusions, présentées avec les plus grandes réserves, n'atténuent d'ailleurs en rien l'utilité d'indications fournies par des instruments plus grossiers, ne décelant par exemple que les déviations apparentes supérieures à 1″ ou 2″. L'influence combinée de la pression barométrique, du flux de la marée, et de l'attraction luni-solaire, pouvant tout au plus donner lieu à une déviation angulaire de 0″,25, pour un lieu d'observation éloigné de la mer, les changements de niveau apparent dus à ces causes particulières resteraient toujours peu importants, sinon négligeables, vis-à-vis de ceux que l'instrument pourrait enregistrer.

C'est surtout dans ces conditions que des observations systématiques continues des mouvements sismiques ou quasi-sismiques, comme les Italiens et les Japonais, par exemple, en ont organisé, peuvent être intéressantes.

Ce n'est pas trop s'aventurer non plus de prédire qu'un jour viendra où les astronomes pratiques ne se contenteront plus d'éliminer simplement par des moyennes, l'influence des mou-

vements du sol et de la verticale, mais voudront tenir compte, pour chaque observation en particulier, de la véritable position du fil à plomb, indiquée par un instrument spécial.

VI. *Extrait d'une lettre de M. Joseph Milne, professeur au collège impérial de Tokio, relative à l'étude des tremblements de terre* (*).

« Dans le but de mettre en évidence les petites trépidations du sol, je commençai, en 1879, une série d'expériences avec des microphones et des instruments à base de pendule, similaires pour la forme à ceux établis dans le laboratoire de Cavendish à Cambridge, mais moins parfaits malheureusement comme construction.

« Les microphones étaient vissés sur la tête de pieux, enfoncés dans le sol au fond de puits fermés.

« Pour être bien certain que les résultats constatés n'étaient pas dus à des causes locales, telles que la présence d'oiseaux, d'insectes, etc., je fis placer deux batteries distinctes de microphones, l'une au milieu de la pelouse qui s'étendait devant ma maison, l'autre dans une fosse derrière celle-ci. La sensibilité des appareils ainsi disposés était telle, que, si par exemple, on laissait tomber une petite pierre sur le gazon, à une distance de deux mètres de la fosse, on entendait aussitôt un son distinct dans le téléphone récepteur et l'on constatait un mouvement de l'aiguille du galvanomètre placé dans le circuit des microphones.

Lorsqu'une personne courait ou marchait dans le voisinage des fosses, chacun de ses pas était enregistré d'une façon tellement nette, qu'un voisin japonais, M. Masato, qui m'assistait dans ces expériences, eut l'idée de transformer l'appareil en un système de protection contre les voleurs. A cet effet, l'aiguille du galvanomètre était employée à fermer un courant électrique actionnant une cloche. Le gardien de la maison se trouvait de la sorte averti.

« Les appareils pendulaires furent également employés par couples. L'un d'entre eux se composait d'une masse de plomb de 10 livres, suspendue à l'extrémité d'une corde de piano longue de 20 pieds. Au-dessous, se trouvait un petit miroir de galvano-

(*) *Nature*, n° du 8 juin 1882.

mètre porté par une suspension bifilaire, et sur lequel on dirigeait un rayon de lumière. Les mouvements relatifs du pendule par rapport au sol se trouvaient amplifiés, par ce dispositif, dans le rapport de 1 à 1.000.

Le principal inconvénient avec lequel on a à lutter au Japon, quand on emploie des instruments délicats, provient des tremblements de terre, qui arrêtent ou dérangent la marche des chronomètres ordinaires.

Un autre inconvénient résultait du vent, qui ébranlait le bâtiment dans lequel mes pendules étaient suspendus, et aussi, j'imagine, le sol par l'intermédiaire de quelques arbres avoisinants. Une giboulée de pluie n'était pas non plus sans effet sur les microphones. Après de longs mois d'observations pénibles, et élimination faite des trépidations qui pouvaient être dues à ces influences locales, mes expériences démontrèrent, dans leur ensemble, l'existence de petits mouvements du sol, se produisant chaque jour et se répétant souvent même plusieurs fois dans une même journée.

« J'ai tiré grand profit, pour l'interprétation des indications diverses fournies par les sismographes, de ce que je pourrais appeler une ceinture de cartes postales. Yedo est en ce moment bloqué de cette manière : toutes les villes, dans un rayon de 160 kilomètres, étant munies d'un correspondant qui signale, au moyen d'une carte postale, chaque secousse perçue.

« On a reconnu de cette manière que, pour les mois d'octobre et de novembre, toutes les secousses ressenties à Yedo venaient du nord, à peu d'exceptions près, et se dirigeaient ensuite vers le sud-ouest. Chose remarquable, ces mouvements s'éteignaient brusquement à la rencontre d'une haute chaîne de montagnes, car les villes situées au delà ne signalaient jamais aucune secousse.

« Ces faits constatés, la ligne des cartes postales fut reportée plus au nord. On a pu de la sorte circonscrire entièrement le foyer de plusieurs tremblements de terre, pendant que d'autres ont été suivis jusque sur le rivage même de la mer. Pour ces derniers, il n'y avait pas à songer à reporter plus loin les postes et nous avons dû nous contenter des indications de nos instruments.

« Connaissant les centres de nos tremblements de terre, il serait possible d'établir sur l'un ou sur plusieurs d'entre eux, des appareils indicateurs. On saurait ainsi bientôt, si les petites trépidations du sol peuvent faire présager les secousses plus vio-

lentes, de la même manière que les craquements d'une poutre fléchie en annoncent la rupture prochaine.

« On pourrait rendre ces expériences encore plus complètes en établissant, à côté des instruments microsismiques, des *gravimètres* propres à déceler l'existence de marées de l'écorce. — Je parle de ces marées, parce que, si elles existent, — et, au point de vue géologique, elles auraient déjà une importance suffisante, — elles seraient plus prononcées, et partant plus faciles à mesurer dans un pays, comme le Japon, où l'écorce est demeurée relativement chaude, et peut-être encore plus ou moins plastique, qu'en Angleterre, par exemple, où l'activité volcanique est depuis longtemps éteinte et où les roches sont comparativement froides et rigides.

« Ceci supposerait, bien entendu, que l'on possédât un instrument assez délicat pour accuser les variations dans l'intensité de la pesanteur qui proviennent de l'éloignement du sol et de son rapprochement alternatifs du centre de notre globe, à chaque passage de ces marées. »

NOTE

SUR LE

PROFIL DES CAMES DES BOCARDS

Par M. Arthur THIRÉ, professeur à l'École des mines d'Ouro-Preto (Brésil).

On connaît la règle qui sert au tracé théorique des cames qui soulèvent les mentonnets des flèches de bocards. Cette règle, partout admise aujourd'hui, consiste à prendre pour profil de la came une développante de cercle.

Cette règle, déjà ancienne, paraît remonter à Bélidor. Si l'on s'en rapporte à un *Mémoire sur les machines à pilons*, lu à la Conférence des mines en l'an VII, par le citoyen Lefroy, ingénieur des mines, et publié dans le quatorzième volume du *Journal des mines* (n° 80, floréal an XI, p. 106 et suiv.), c'est Bélidor qui, le premier, aurait donné cette règle de la développante pour le tracé du profil des cames, dans les bocards. « On avait cru d'abord (dit ce *Mémoire sur les machines à pilons*) que, dans ces sortes de machines, l'on ne devait pas s'attacher à rendre le mouvement uniforme pour chaque pilon..... Dans cette persuasion, la surface supérieure de la came était plane ou *circulaire*. Mais l'expérience fit bientôt voir que l'on s'était trompé..... Ces observations, qui n'échappèrent pas à Bélidor, le portèrent à rechercher

la courbure de la surface supérieure de la came, propre à rendre la résistance toujours uniforme ; il trouva qu'elle était la **développante** de l'arc de cercle qui serait décrit, pendant l'élévation du pilon, par un des points de la circonférence, dont le centre serait sur l'axe de l'arbre, et qui aurait pour rayon la plus courte distance de l'axe de l'arbre, à la ligne sur laquelle se meut l'extrémité du mentonnet. »

Cette règle, reproduite dans les principaux ouvrages de mécanique appliquée (Poncelet, Morin, etc.), devint rapidement classique, et le tracé en développante de cercle est aujourd'hui indiqué partout (*) pour le profil des cames des bocards.

Cette règle du tracé en développante est une conséquence de la théorie des engrenages. Dans l'engrenage d'une crémaillère avec un pignon, si les dents de la crémaillère ont un flanc rectiligne droit, le profil conjugué sur le pignon est une développante de cercle. Or, la flèche d'un bocard, avec son mentonnet, peut être assimilée à une crémaillère dont la denture se réduirait à un seul flanc droit. Par conséquent, si l'on veut adopter pour la came le profil conjugué de ce flanc droit, conformément à la théorie des engrenages ordinaires, ce profil conjugué est une développante de cercle.

Dans le problème général des engrenages ordinaires, qu'il s'agisse de deux roues dentées ou bien d'une crémaillère et d'un pignon, les profils sont déterminés par

---

(*) Poncelet, *Cours de mécanique appliquée aux machines*, p. 225 ; Morin, *Leçons de mécanique pratique, Notions géométriques sur les mouvements*, p. 168 ; Bour, *Cours de mécanique et machines*, tome I, p. 209 ; Résal, *Traité de mécanique générale*, tome III, p. 300 ; Callon-Boutan, *Cours d'exploitation des mines*, tome III, p. 40 ; Ad. Lesoinne, *Préparation mécanique des minerais*, p. 111 ; Rittinger, *Aufbereitungskunde*, p. 85 ; Gaetzcshmann, *Die Aufbereitung*, p. 228.

la condition de conserver constant le rapport des vitesses des deux corps qui engrènent l'un avec l'autre; de telle sorte que si l'un des deux corps a un mouvement uniforme, l'autre prend également un mouvement uniforme. Les profils appelés *conjugués* sont ceux qui satisfont à cette condition. Dans l'engrenage à crémaillère, par exemple, la développante de cercle est le profil *conjugué* du flanc rectiligne de la crémaillère : cela signifie qu'avec ces profils, si l'arbre du pignon tourne d'un mouvement uniforme, la vitesse de la crémaillère sera également uniforme. Par conséquent, si l'arbre à cames d'un bocard tourne d'un mouvement uniforme, chaque came tracée en développante soulèvera le mentonnet correspondant avec une vitesse verticale constante.

Ici se présente la question de savoir si cette propriété cinématique du tracé des cames en développante de cercle offre quelque utilité pratique.

Lorsque, dans un bocard, on munit l'arbre de cames destinées à soulever les mentonnets des flèches, le problème que l'on se propose de résoudre est le suivant : soulever la flèche à une hauteur donnée et dans un temps donné. Une fois ce résultat obtenu, on laisse retomber le pilon, pour le soulever de nouveau avec une autre came, et ainsi de suite. Mais, relativement à l'action d'une came, les deux seuls éléments du problème à résoudre par le fonctionnement de cette came sont :

1° La hauteur d'élévation;

2° Le temps nécessaire pour produire ce soulèvement.

Quant à la nature du mouvement ascendant du pilon, elle n'offre évidemment aucun intérêt; et, pour le problème à résoudre, la nature de ce mouvement ascendant est arbitraire, au moins dans de certaines limites. D'après le but de l'opération, qui consiste pratiquement à laisser retomber le pilon d'une certaine hauteur, peu importe

que le pilon ait été soulevé d'un mouvement uniforme ou d'un mouvement varié, pourvu toutefois qu'il n'ait pas été soulevé d'un mouvement trop irrégulier et saccadé.

Ainsi donc, pour les bocards, il n'y a aucune utilité à s'astreindre au tracé des profils conjugués qu'indique la théorie cinématique des engrenages ordinaires. La conservation de la constance du rapport des vitesses des deux corps qui engrènent l'un avec l'autre, nécessaire pour les engrenages ordinaires, est évidemment inutile d'après le but de l'opération à laquelle sont affectés les bocards.

Il est même aisé de voir que, si l'on avait toute latitude pour le choix du mouvement ascensionnel à imprimer au pilon, ce n'est pas le mouvement uniforme qu'il conviendrait de choisir. En effet, lorsque le pilon, encore au repos, est saisi par la came, il passe brusquement d'une vitesse nulle à la vitesse que lui imprime la came ; il se produit donc un choc, dont l'importance dépend de la vitesse initiale imprimée au pilon. Pour diminuer l'importance de ce choc, il faut diminuer la vitesse initiale. L'idéal serait de soulever le pilon avec une vitesse progressivement croissante à partir de zéro. Malheureusement, l'emploi de cames montées sur un arbre de rotation ne permet pas (et nous verrons plus loin pourquoi) de réaliser cet idéal, quel que soit d'ailleurs le profil adopté pour les cames. Mais, sans atteindre ce desideratum, on pourra, avec un tracé autre que celui de la développante, soulever le pilon d'un mouvement varié, et s'arranger de façon à avoir une vitesse initiale inférieure à la vitesse moyenne. Par conséquent, pour la même hauteur de chute et la même vitesse moyenne de soulèvement, on améliorera le fonctionnement du pilon si on substitue à la vitesse constante de soulèvement une vitesse variable qui permette à la vitesse initiale d'être inférieure à la vitesse moyenne.

La valeur de cette amélioration est loin d'être insignifiante : car le travail absorbé inutilement par le choc est proportionnel au *carré* de la vitesse initiale. Par conséquent, une réduction relativement faible de la vitesse initiale peut réduire très notablement le travail absorbé en pure perte par le choc.

Le tracé des cames a sur le fonctionnement dynamique d'un bocard une influence qu'il convient d'examiner. Avec le profil des cames en développantes, le mouvement ascensionnel des pilons est uniforme ; l'arbre des cames n'a donc à vaincre, pendant cette ascension, que la résistance due au poids statique de ces pilons (la question des résistances passives étant écartée) ; si on répartit convenablement les cames sur les génératrices de l'arbre, de façon qu'il y ait toujours le même nombre de pilons en prise, la résistance à vaincre par l'arbre moteur reste constante. Au contraire, si le profil de la came n'est pas en développante, le mouvement ascensionnel de chaque pilon est varié, et alors les résistances que doit vaincre l'arbre moteur résultent non seulement du poids statique des pilons, mais encore de l'effet (positif ou négatif) de leurs accélérations. Les résistances à vaincre par l'arbre moteur, au lieu d'être uniformes, sont alors périodiques.

L'avantage que cette propriété dynamique semble assurer au tracé en développante n'est qu'apparent. En effet, dans l'aperçu qui précède, nous n'avons pas tenu compte du travail résistant intermittent, dû aux chocs que l'arbre moteur a à vaincre chaque fois qu'une came vient en prise avec un mentonnet. A cause de ces chocs, les résistances à vaincre par l'arbre moteur ne peuvent pas être conservées constantes, même si on adopte le profil en développante, et si on répartit les cames régulièrement sur les génératrices de l'arbre.

Pour atténuer les irrégularités du travail résistant,

irrégularités dues surtout à ces chocs, le moyen le plus efficace sera de réduire le plus possible la vitesse initiale d'ascension des pilons (tout en leur conservant la même vitesse ascensionnelle moyenne).

Ainsi, au point de vue de la régularisation des résistances, on doit rationnellement s'attacher, dans le choix d'un profil pour les cames, à réduire le plus possible la vitesse initiale des pilons, afin d'atténuer l'importance des chocs périodiques qui se produisent chaque fois qu'une came vient en prise avec un mentonnet.

De tout ce qui précède, il résulte qu'on n'est pas autorisé *à priori* à étendre au tracé des cames des bocards la solution trouvée, dans la théorie des engrenages, pour les dents du pignon d'une crémaillère.

Avant de chercher à déterminer, pour les cames des bocards, un profil rationnel, je vais rappeler rapidement les dispositifs principaux au moyen desquels une flèche de bocard peut être soulevée par une came. Nous verrons que le profil de la came dépend surtout de la nature de ces dispositifs.

Dispositifs divers pour soulever une flèche de bocard au moyen d'une came.

Relativement au mode de soulèvement d'une flèche de bocard par une came, on peut distinguer trois dispositifs :

1er *dispositif. Pilons ordinaires.* — Dans les pilons ordinaires, la flèche est munie, sur une de ses faces, d'un mentonnet en saillie M dont la face inférieure est plane (Pl. VI, *fig.* 7). La came C soulève la flèche par la face inférieure du mentonnet.

2e *dispositif. Pilons sans mentonnet en saillie, mais avec fente ou fenêtre, pour laisser passer la came.* — Cette

disposition (Pl. VI, *fig.* 8) a pour but de permettre à la came de soulever le pilon en l'attaquant en un point de l'axe de sa tige, et d'atténuer les frottements du pilon contre ses guides, frottements qui, avec les mentonnets ordinaires, sont aggravés par la position excentrique de ces mentonnets. Quand la flèche est soulevée en un point d'un mentonnet en saillie, c'est-à-dire en un point pris à une certaine distance de son axe, elle tend à basculer, et vient exercer sur ses guides des pressions d'où résultent des frottements parfois importants. On obvie complètement à cet inconvénient, en pratiquant dans le corps du pilon une fente ou fenêtre destinée à laisser passage à la came (*fig.* 8). La face horizontale supérieure *ab* de cette fenêtre joue le rôle de mentonnet.

En pratiquant une fente ou fenêtre dans le corps de la flèche, on diminue sa solidité, et on l'affaiblit au droit de la came. On peut, pour éviter cet inconvénient, appliquer d'une manière un peu différente le principe des pilons à fenêtres, en prenant « des mentonnets faisant saillie des deux côtés de la tige ; les cames sont doubles, c'est-à-dire en forme de fourche ; le point de contact se trouve constamment dans le plan médian de la flèche ; cette disposition diminue de beaucoup le frottement dans les guides. » (M. L. Moissenet, *Annales des mines*, 5e série, tome XIV, page 165.)

3e *dispositif. Bocards californiens* (*). — Dans certains bocards, qui paraissent d'origine californienne et qui sont répandus principalement en Californie, la tige est en fer

(*) Coignet, *Notice sur les bocards américains* (*Bulletin de la Société de l'industrie minérale*, 2e série, tome IX, p. 853); Henry, *Annales des mines*, 6e série, tome XIX, p. 303 ; Burthe, *Annales des mines*, 7e série, tome VI, p. 12 ; Callon-Boutan, *Cours d'exploitation des mines*, tome III, p. 41 ; Haton de la Goupillière, *Cours d'exploitation des mines*, tome II, p. 702.

et ronde. A peu près à la hauteur des cames, un manchon cylindrique M est monté sur la tige TT' (Pl. VI, *fig.* 9); il est concentrique à la tige et fait corps avec elle : c'est ce manchon cylindrique qui joue le rôle de mentonnet. Les cames C, C' sont montées sur un arbre en fer AA'. Dans le mouvement de rotation de l'arbre, une came se meut dans un plan vertical qui ne rencontre pas la tige du pilon; elle se meut dans un plan vertical qui, par rapport au pilon, est un peu de côté. La came C soulève la tige TT' du pilon en attaquant latéralement la base inférieure du manchon M (*fig.* 9). A un pilon correspondent ordinairement deux cames C, C'; quelquefois, mais plus rarement, à un pilon correspond sur l'arbre moteur une seule came.

Quand la came soulève le mentonnet, une certaine adhérence se détermine entre la came et le mentonnet; à cause de cette adhérence, le mentonnet est en partie entraîné par la came, qui imprime au pilon un petit mouvement de rotation autour de son axe de figure. Le mouvement ascensionnel du pilon est accompagné d'un petit mouvement de rotation : ce mouvement ascensionnel est, en réalité, une sorte de mouvement héliçoïdal. On sait que ces petites rotations successives du pilon autour de son axe de figure présentent trois avantages :

1° Le frottement entre la came et la base du manchon est atténué, car ce frottement est en partie de roulement, en partie de glissement, au lieu d'être uniquement de glissement, comme c'est le cas avec les mentonnets des pilons ordinaires;

2° L'usure de la base du sabot est plus régulière; sans ces rotations successives, l'usure serait plus rapide pour les points de la base du sabot situés du côté par où arrivent les matières à bocarder;

3° Les cames soulèvent la base du manchon par des

points chaque fois différents ; l'usure du manchon est donc plus lente et plus régulière que l'usure des mentonnets des pilons ordinaires.

Passons maintenant à l'étude du tracé du profil des cames, pour chacun des trois dispositifs que je viens de rappeler.

1° PILONS ORDINAIRES.

Supposons d'abord une came d'un profil quelconque. Soient (Pl. VI, *fig.* 10) :

TT' la tige du pilon;
AB la face horizontale inférieure du mentonnet;
CM la courbe quelconque qui sert de profil à la came;
M le point de contact de la came et du mentonnet;
O l'arbre de rotation;
ω sa vitesse angulaire;
v la vitesse actuelle du pilon.

Je tire l'horizontale OM' et la verticale MM'; cette dernière droite MM' est la normale en M au profil de la came.

Désignons par x la distance OM'. Entre ω et v on a la relation connue ;

$$v = \omega x.$$

Supposons constante la vitesse angulaire ω de rotation de l'arbre. L'équation précédente montre que, dans cette hypothèse, v est proportionnel à x.

Soit A l'extrémité de la face inférieure du mentonnet. Menons la verticale AA'. Appelons x_0 la distance OA'. La valeur minimum que puisse prendre x est x_0. Ce minimum aura lieu quand le profil de la came sera en contact au bord A du mentonnet. Appelons v_0 la vitesse correspondante du pilon :

$$v_0 = \omega x_0.$$

Cette vitesse v_0 représente la vitesse minimum dont soit susceptible le pilon dans son mouvement ascendant. Il est donc impossible, comme je l'ai annoncé plus haut, que la vitesse initiale du pilon dans son mouvement ascendant soit nulle; car il faudrait pour cela que x_0 fût nul.

Nous avons vu qu'il convient, au point de vue du choc, de faire en sorte que la vitesse initiale du pilon soit la plus faible possible. Donc, pour atténuer ce choc : *il convient que le contact de la came commence à l'extrémité* A *du mentonnet.*

Quel que soit le profil de la came, le point de contact final sur le mentonnet est ce même bord A. Car, quel que soit le point de contact actuel M sur le mentonnet, il faut évidemment, pour que le mentonnet arrive à être abandonné par la came, que ce point de contact M se déplace sur la face BA du mentonnet, jusqu'à atteindre le bord extérieur A de ce mentonnet. Donc *le contact de la came et du mentonnet finit nécessairement à l'extrémité* A *du mentonnet.*

A l'instant de ce contact final, la vitesse du pilon est v_0.

D'après ce qui précède, le profil le plus avantageux et le plus rationnel pour la came réalisera les conditions suivantes : le contact de la came commencera au bord même du mentonnet; de cette façon, la vitesse initiale sera aussi faible que possible, et le choc initial sera réduit au minimum; à mesure que le pilon s'élèvera, le point de contact se déplacera sur le mentonnet; il s'écartera d'abord du bord A; en même temps x croîtra et la vitesse d'ascension du pilon augmentera; puis le point de contact se rapprochera du bord A du mentonnet, et alors la vitesse d'ascension du pilon diminuera jusqu'à ce que le contact revienne au bord du mentonnet et que le pilon soit abandonné par la came. En adoptant pour la

came un profil rationnel satisfaisant à ces conditions, la vitesse initiale sera inférieure à la vitesse moyenne, et le choc initial sera aussi atténué que possible.

Du profil en développante de cercle. — Appliquons au profil en développante de cercle le résultat des observations précédentes. On sait qu'avec la développante de cercle x et v sont constants : le pilon s'élève d'un mouvement uniforme, et le contact a lieu toujours au même point sur le mentonnet. Ce point de contact sur le mentonnet est le bord extrême A. Nous savons, en effet, que le contact final a lieu au bord A et que le contact initial doit avoir lieu, de préférence, en ce même bord A.

Énumérons rapidement les principaux inconvénients de ce profil en développante de cercle.

1er *inconvénient.* — Le pilon, au moment où il est saisi par la came, se trouve obligé d'acquérir immédiatement sa vitesse définitive; il passe brusquement d'une vitesse nulle à la vitesse constante qu'il conservera pendant toute sa course ascendante. Le choc de la came contre le mentonnet est donc beaucoup plus important que si, pour une même hauteur d'élévation et une même vitesse moyenne, la vitesse initiale était moindre : c'est ce qu'un autre profil de came et un mouvement varié du pilon permettraient de réaliser.

2e *inconvénient.* — C'est toujours le même point du mentonnet, à savoir le bord, qui est en prise avec la came. L'usure de ce bord sera donc rapide, puisque la pression de la came s'exerce constamment sur le même point du mentonnet.

3e *inconvénient.* — Par cette usure rapide, la face inférieure du mentonnet se déforme; il en résulte que la came, au lieu de soulever le pilon bien verticalement, exerce sur le mentonnet un effort oblique F (Pl. VI, *fig.* 11);

les frottements du pilon sur ses guides ou prisons s'en trouvent augmentés; cette obliquité peut s'exagérer au point de coincer la flèche du pilon entre ses guides.

4° *inconvénient.* — Avec la came en développante de cercle, le mentonnet est soulevé constamment et uniquement par son extrémité A (Pl. VI. *fig.* 10), c'est-à-dire par le point le plus éloigné de l'axe de la tige du pilon. On sait que, pour éviter les coincements et réduire les frottements de la tige contre ses guides, il conviendrait au contraire de soulever le mentonnet par un point aussi rapproché que possible de l'axe de la tige du pilon; il est donc fâcheux de s'astreindre, avec la développante, à soulever le mentonnet uniquement par le point le plus éloigné de l'axe de la flèche.

Ces divers inconvénients sont spéciaux au profil en développante, puisqu'ils résultent des propriétés géométriques de cette courbe. Avec un profil différent, le mouvement du pilon serait varié et le point de contact se déplacerait sur le mentonnet; les inconvénients précédents seraient atténués ou même supprimés. On peut donc dire que *un profil quelconque sera en général moins défectueux que le profil en développante de cercle*, sous la double condition toutefois, d'une part, que le contact de la came commence au bord A du mentonnet, afin que la vitesse initiale soit la moindre possible, et, d'autre part, que le point de contact se maintienne pendant toute la course ascendante du pilon entre les extrémités A et B de la face inférieure du mentonnet.

Le profil en développante, bien loin d'être un des plus avantageux et des plus rationnels, est donc un des plus défectueux que l'on puisse choisir.

Profil en arc de cercle. — Des divers profils à substituer à la développante, le plus facile à construire est évidemment celui qui serait formé d'un simple arc de

cercle. Construisons ce profil en arc de cercle. Soient (Pl. VI, *fig.* 12) :

TT′ la tige du pilon;

O l'axe de l'arbre des cames.

Représentons le mentonnet dans une position BA telle que le prolongement de sa face horizontale inférieure rencontre l'axe O.

Cherchons à construire un profil de came en arc de cercle tel :

1° Que le contact commence dans le plan horizontal de l'axe O;

2° Que le contact finisse quand l'arbre O aura tourné d'un angle α donné;

3° Que le contact commence et finisse au bord A du mentonnet.

Du point O comme centre décrivons une circonférence tangente à la verticale décrite par le bord A du mentonnet; nous l'appellerons la *circonférence primitive* du pilon. Tirons le rayon OE faisant avec OA (et en dessous de OA) l'angle α. Menons les tangentes AI, EI. Du point I comme centre avec IA comme rayon, je décris un arc de cercle AH limité d'une part au point A, et d'autre part au point H sur le prolongement de EI. Je prends cet arc de cercle AH pour profil de la came. Il est évident que ce profil en arc de cercle satisfait aux trois conditions énoncées ci-dessus, à savoir :

1° Que le contact commence dans le plan horizontal de l'axe O;

2° Que le contact finit quand l'arbre O a tourné de l'angle α;

3° Que le contact commence et finit au bord A du mentonnet.

Étudions les circonstances principales relatives au fonctionnement de cette came à profil en arc de cercle.

1° *Mouvement du point de contact sur la came.* —

Quand l'arbre des cames tourne d'un mouvement uniforme, le point de contact du mentonnet et de la came se déplace sur la came d'un mouvement uniforme. En effet, imaginons que l'arbre O tourne d'angles $d\alpha$ successifs égaux. Les rayons de l'arc AH qui deviendront successivement verticaux font entre eux le même angle $d\alpha$ et correspondent à des arcs égaux. Ces rayons qui deviennent successivement verticaux correspondent aux points de contact successifs de la came et du mentonnet. Donc le déplacement du point de contact sur la came se fait d'un mouvement uniforme.

2° *Mouvement ascensionnel du pilon.* — Pendant que la came soulève le mentonnet, le centre I de l'arc AH reste à une distance constante du mentonnet AB : cette distance n'est autre que le rayon de l'arc circulaire AH. Le déplacement vertical du pilon est donc égal au déplacement vertical du centre I de la came. Traçons (*fig.* 13) l'arc de cercle II_1I_2 décrit par le centre I de la came pendant l'ascension du pilon. Cet arc a un angle au centre égal à α. Les rayons extrêmes OI, OI_2 sont inclinés de l'angle $\frac{\alpha}{2}$ sur le rayon horizontal moyen OI_1. Le mouvement ascensionnel du pilon sera représenté par le mouvement de la projection d'un point qui parcourait l'arc II_1I_2 d'un mouvement uniforme, la projection étant faite sur une verticale.

On voit clairement, par cette représentation géométrique, que le mouvement de la projection, et par conséquent du pilon, est accéléré de I en I_1 et retardé de I_1 en I_2. L'ascension du pilon comprend donc deux phases symétriques par rapport à l'instant moyen : la première phase est une phase d'accélération, dans laquelle le pilon passe de sa vitesse minima initiale à sa vitesse maxima; dans la seconde phase, il revient de sa vitesse maxima à la vitesse finale qui est minima.

Il est aisé de trouver l'équation du mouvement ascensionnel varié du pilon. En appelant R le rayon OA de la circonférence primitive, et s le chemin parcouru par le pilon dans le temps t compté à partir du commencement du contact de la came, on trouve :

$$s = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \left[1 - \frac{\sin\left(\frac{\alpha}{2} - \omega t\right)}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right].$$

La hauteur de chute h du pilon s'obtiendra en faisant $\omega t = \alpha$, ce qui donne :

$$h = 2R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}.$$

Cette valeur de h pouvait être obtenue immédiatement, car h est donné sur la *fig.* 13 (Pl. VI) par II_2 et on a dans cette figure

$$II_2 = 2IA = 2R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}.$$

Le rayon r de l'arc AH de la came est

$$r = IA = \frac{h}{2} = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}.$$

3° *Rapport de la vitesse initiale du pilon à la vitesse moyenne.* — La vitesse initiale du pilon est $R\omega$. Le chemin total parcouru par le pilon est h ou $2R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$; le temps employé pour le parcourir est $\frac{\alpha}{\omega}$. Donc la vitesse moyenne est $R\omega \frac{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}{\left(\frac{\alpha}{2}\right)}$ et le rapport de la vitesse initiale à la vitesse moyenne est $\frac{\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}$. Ce rapport est d'autant plus petit que α est plus grand.

4° Déplacement horizontal du point de contact sur le mentonnet. — Le point de contact sur le mentonnet est toujours sur la même verticale que le centre du profil circulaire de la came. Donc, le déplacement horizontal du point de contact sur le mentonnet peut être représenté par le mouvement de la projection du centre de ce profil sur une horizontale. En reprenant (Pl. VI, *fig.* 13) le mobile qui parcourait l'arc II_1I_2 d'un mouvement uniforme, la projection de ce mobile sur une horizontale OAB se déplacera exactement comme le point de contact sur le mentonnet.

En appelant z le déplacement du point de contact sur le mentonnet à partir du bord A, on trouve aisément que ce déplacement est donné par la formule

$$z = R\left[\frac{\cos\left(\frac{\alpha}{2} - \omega t\right)}{\cos\frac{\alpha}{2}} - 1\right]$$

le temps t étant compté à partir du commencement du contact.

Le déplacement maximum δ est

$$\delta = R\left(\frac{1}{\cos\frac{\alpha}{2}} - 1\right).$$

Cette valeur de δ est d'autant plus grande que α est plus grand.

Remarque relative à la longueur du mentonnet. — On s'attache à faire les mentonnets courts pour éviter le porte-à-faux qui aurait lieu si le pilon était soulevé par l'extrémité d'un long mentonnet, et par conséquent en un point situé à une grande distance de son axe. Néanmoins, on ne peut pas descendre, pour le mentonnet, au-dessous d'une certaine longueur minimum que fixent les considérations suivantes. Soit D (Pl. VI, *fig.* 14) le point

extrême extérieur du profil de la came. Dans le mouvement de l'arbre moteur, ce point extrême D décrit une circonférence DD′ concentrique à la circonférence primitive CC′. La circonférence DD′ ne doit pas rencontrer le corps de la tige du pilon. Le mentonnet doit donc avoir une longueur plus grande que la différence D′C′ des rayons des deux circonférences DD′ et CC′ : cela revient à dire que la longueur du mentonnet doit être supérieure à la longueur de la came comptée suivant le rayon de l'arbre moteur, extérieurement à la circonférence primitive.

Quel que soit le profil de la came, le contact du mentonnet et de la came a toujours lieu évidemment dans l'intérieur de la zone annulaire comprise entre les deux circonférences DD′ et CC′. Par conséquent, dans le cas d'un profil en arc de cercle, le déplacement horizontal que nous avons appelé δ (déplacement du point de contact sur le mentonnet) reste toujours inférieur à la longueur minimum qu'il faut donner au mentonnet. Donc, lorsque le mentonnet a déjà la longueur suffisante pour que la came puisse librement passer sous le mentonnet sans rencontrer la tige, cette longueur du mentonnet est suffisante pour que le déplacement δ du point de contact sur le mentonnet ait lieu librement.

En résumé, nous voyons que, pour les pilons ordinaires munis d'un mentonnet en saillie sur une de leurs faces, le profil en développante de cercle est très défectueux : il serait très avantageusement remplacé par le profil en arc de cercle, dont le fonctionnement est plus parfait et dont le tracé est plus facile.

2° Pilons avec fente en fenêtre pour laisser passer la came.

Nous avons vu que cette disposition a pour but de permettre au pilon d'être saisi par la came en un point de

l'axe de sa tige (*fig.* 8). On évite ainsi tout porte-à-faux. Pour réaliser cette condition et maintenir le point de contact de la came sur la verticale qui correspond à l'axe de la tige, il faut adopter pour la came le profil en développante de cercle, puisque c'est avec ce profil que le point de contact se conserve, dans son déplacement, sur une même verticale.

3° Pilons californiens.

Dans ces pilons, la came, placée de côté par rapport à la tige, saisit la base du manchon monté sur la tige (*fig.* 9). Il faut faire en sorte que le contact de la came et du manchon ait lieu, pour le manchon, dans le plan méridien parallèle à l'arbre de rotation, pour les motifs suivants :

1° C'est ce contact qui assure, pour le pilon, le moindre porte-à-faux;

2° C'est avec ce contact que la came peut le plus facilement entraîner par roulement le manchon et lui imprimer un mouvement de rotation;

3° Considérons (Pl. VI, *fig.* 15) la base annulaire inférieure du manchon, et dans cette base le segment ab dont la corde est perpendiculaire à l'axe xy de l'arbre de rotation. La largeur (comptée parallèlement à xy) de ce segment est maximum dans le plan méridien mm' parallèle à xy; aux extrémités a et b la largeur du segment est nulle. La came, qui a nécessairement une certaine largeur, pourra agir par toute sa largeur si le contact a lieu dans le plan mm'; près des extrémités a et b du segment, elle n'agirait pas par toute sa largeur, mais seulement par une largeur réduite; de là résulterait une concentration de la pression sur une zone réduite, ce qui donnerait lieu à une usure rapide.

Dans ces pilons, le contact doit donc se maintenir

dans le plan méridien parallèle à l'arbre de rotation, c'est-à-dire à une distance fixe de cet arbre : il en résulte que le profil de la came doit être une développante de cercle.

CONCLUSION.

La nature du profil le plus convenable à adopter pour les cames des bocards dépend de la nature du dispositif adopté pour soulever les pilons.

Pour les pilons ordinaires avec mentonnet en saillie sur une des faces, le profil le plus convenable pour les cames est le profil en arc de cercle.

Pour les pilons californiens et les pilons munis d'une fente ou fenêtre pour laisser passer la came, le profil de la came doit être en développante de cercle.

Il est curieux d'observer, au point de vue historique, que les anciens adoptaient, pour les cames de leurs pilons, le profil *circulaire* auquel nous avons été conduit en cherchant, pour les pilons ordinaires, un profil plus rationnel que le profil en développante de cercle. Le passage du mémoire cité au commencement de cette note rappelle cette pratique des anciens, et l'innovation introduite par Bélidor, par sa règle du tracé en développante. On a vu combien cette règle de Bélidor était inopportune pour les pilons ordinaires avec mentonnet en saillie sur une de leurs faces, pilons qui étaient à peu près les seuls en usage autrefois et qui, encore aujourd'hui, sont de beaucoup les plus répandus.

NOTE

SUR LA

DÉLIMITATION THÉORIQUE DE LA ZONE DES AFFAISSEMENTS

DUS AUX TRAVAUX DE MINES.

Par E. VILLIÉ, ancien ingénieur des mines.

L'attention de l'ingénieur des mines est depuis longtemps appelée sur l'importance qu'il y a à déterminer les points de la surface du sol où viendront se produire les phénomènes d'affaissement dus à l'exploitation d'une couche. C'est, en effet, sur le périmètre de la surface ainsi délimitée que se manifesteront les dislocations et ruptures pouvant introduire les eaux dans la mine, dégrader le puits d'extraction, ou causer de graves dommages aux propriétés de la surface. Or il règne sur la détermination de ce périmètre la plus grande divergence d'opinions; les uns, avec Callon, adoptent la règle dite *de la normale*, sauf quelques exceptions justifiées, soit par l'existence de failles ou simplement de fissures dans le terrain compact de recouvrement, soit par la présence de puissantes couches de terrains ébouleux. Les autres, éclairés par une longue expérience, prétendent que la pratique ne justifie pas la règle de la normale et admettent que les affaissements dus aux travaux souterrains peuvent se propager jusqu'au sol, sous un angle de 45 degrés, sans même que les terrains soient ébouleux;

c'est la règle appliquée dans le bassin houiller de Saint-Étienne; elle n'a, d'ailleurs, aucune prétention théorique.

Quelles sont tout d'abord les raisons qui ont pu faire admettre par quelques auteurs la règle de la normale? Callon la pose en théorème sans en donner aucune démonstration; il fait bien sentir qu'il y a rupture successive et sans foisonnement sensible des diverses assises du toit de la couche, mais pourquoi suivant la normale plutôt que dans toute autre direction? Callon n'est pas d'ailleurs l'inventeur de cette règle, qui a pris naissance en Belgique vers 1838, à l'occasion d'une expertise. Gonot essaya d'en faire la théorie (*Réponse de l'Union des charbonnages de Liège au mémoire de M. Dumont*, page 83), mais sa démonstration est tellement faible, pour ne pas dire plus, que personne, même son fidèle disciple M. Dumont, n'osa la reproduire; on a cru en voir une justification par l'expérience, mais l'examen plus attentif des faits a montré qu'il n'en était rien; quoiqu'il en soit, elle perd le caractère théorique que ses adeptes lui conservent sans aucune raison.

Nous ne prétendons pas combler entièrement cette lacune par la théorie qui va suivre, en ce sens que le problème que nous nous proposons n'est pas la reproduction rigoureuse du problème très complexe et inabordable qu'il faudrait résoudre pour arriver à la règle théorique des affaissements souterrains, nous verrons néanmoins qu'il s'en rapproche beaucoup dans bien des cas et que, par conséquent, sa solution est au moins intéressante pour la fixation de la limite théorique des affaissements.

Le problème à résoudre est le suivant :

Une couche souterraine repose sur un massif sur lequel elle surplombe; elle n'est soumise qu'à l'action de son poids et de celui des couches qu'elle supporte, ce poids étant d'ailleurs suffisant pour amener sa rupture, quelle sera la direction de la ligne de rupture?

Remarquons tout d'abord que le poids qui détermine la rupture est maximum quand le plan de rupture passe par le point d'appui de la couche; c'est donc par ce point que passera le plan qu'il s'agit de déterminer. Cela posé, nous traiterons la question dans les deux cas extrêmes que voici :

1° La couche est assez peu épaisse pour que, quelle que soit la direction du plan de rupture de cette couche, on puisse regarder la force qui détermine la rupture comme constante de grandeur et de position;

2° La couche n'est surmontée d'aucune autre et se rompt, par conséquent, sous l'action de son seul poids.

1er Problème (Pl. VI, *fig.* 17).

Nous supposons la couche d'épaisseur h sensiblement constante; soient α l'inclinaison de cette couche, AM le plan de rupture, θ l'angle que fait la normale AI avec ce plan et l la distance de A à laquelle la direction du poids P coupe la ligne de plus grande pente de la couche passant par ce point.

Les composantes normale et tangentielle au plan de rupture sont

$$(1) \qquad P_n = P \sin(\alpha - \theta), \qquad P_g = P \cos(\alpha - \theta).$$

La rupture ne peut être qu'un cisaillement dû à l'effort tranchant P_g ou un arrachement produit par la composante normale P_n. Prenons la première de ces hypothèses et soit c le coefficient de résistance à la rupture par cisaillement. Si il y a, comme c'est le cas général, à la fois effort de traction et de cisaillement, la résistance à la rupture par cisaillement sera modifiée par suite de la présence de l'effort de traction; en l'absence de toute donnée théorique ou expérimentale sur ce point, nous admettrons que c se réduira d'une quantité Kp_n propor-

tionnelle à l'effort de traction p_n par unité de surface; si il y a pression, c'est-à-dire si $p_n < 0$, la résistance à la rupture tangentielle s'accroîtra, elle sera diminuée dans le cas contraire, mais dans les deux cas elle sera représentée par la formule $c - Kp_n$ (*), K étant un coefficient positif, généralement petit. Pour que la rupture par cisaillement soit possible suivant une direction θ, il est nécessaire que l'on ait

$$p_g \geqq c - Kp_n \quad \text{ou} \quad p_g + Kp_n \geqq c,$$

p_g désignant l'effort tranchant moyen rapporté à l'unité de surface. La rupture se produira donc suivant la direction pour laquelle $p_g + Kp_n$ sera maximum. Or

$$(2) \quad \begin{cases} p_n = \dfrac{P_n}{AM} = \dfrac{P}{h} \cos\theta \sin(\alpha - \theta) = \dfrac{P}{2h} [\sin\alpha - \sin(2\theta - \alpha)], \\ p_g = \dfrac{P_g}{AM} = \dfrac{P}{h} \cos\theta \cos(\alpha - \theta) = \dfrac{P}{2h} [\cos\alpha + \cos(2\theta - \alpha)]. \end{cases}$$

d'où

$$p_g + Kp_n = \frac{P}{2h} [\cos\alpha + K \sin\alpha + \cos(2\theta - \alpha) - K \sin(2\theta - \alpha)];$$

égalant à zéro la dérivée de cette expression par rapport à θ, on a

$$(3) \quad \operatorname{tang}(2\theta_1 - \alpha) = -K = -\operatorname{tang}\lambda; \quad \theta_1 = \frac{\alpha - \lambda}{2}.$$

A cette formule répondent deux directions θ_1 faisant entre elles un angle droit; il est aisé de reconnaître que c'est la plus petite valeur absolue de $2\theta_1 - \alpha$ qui rend la fonction maximum, car la dérivée seconde de l'expression considérée est

$$\frac{2P}{h} [K \sin(2\theta - \alpha) - \cos(2\theta - \alpha)];$$

(*) Ce serait une erreur de faire intervenir le frottement dans cette formule, le frottement ne commence que quand la cohésion est détruite; il ne peut en rien augmenter l'effort nécessaire pour produire la rupture.

or le plus petit des deux angles $2\theta_1 - \alpha$ fournis par la formule (3) est compris entre $-\frac{\pi}{2}$ et $+\frac{\pi}{2}$, c'est-à-dire que son cosinus est positif et son sinus de même signe que sa tangente; donc les deux termes de la dérivée seconde sont négatifs et l'on a bien un maximum. Ce maximum a pour expression

$$(4) \qquad \frac{P}{2h}\left(\cos\alpha + K\sin\alpha + \sqrt{1+K^2}\right) = \frac{M_1 P}{2h_1}.$$

La formule (3) montre que si la rupture a lieu par cisaillement, θ_1 ne dépend que de α, et qu'il est peu inférieur à $\frac{\alpha}{2}$.

Supposons, en second lieu, que la rupture se produise par arrachement, il y aura alors glissement de la couche considérée sur la masse qu'elle supporte, et il faudra tenir compte de la force de frottement

$$F = P\cos\alpha \operatorname{tang} f;$$

de plus, l'effort d'arrachement ne saurait être considéré comme uniformément réparti dans tout le plan AM; il existe une fibre neutre passant par un certain point O, et toutes les fibres situées entre O et M s'allongent proportionnellement à leur distance au point O, tandis que celles situées entre O et A se raccourcissent suivant la même loi; la fibre qui supporte le plus grand effort d'arrachement est donc celle qui passe en M, et si Φ est la valeur de l'effort exercé en ce point, il faudra, pour qu'il y ait rupture, que l'on ait

$$\Phi \geqq c' - K'p_g,$$

en appelant c' le coefficient de résistance à la rupture par traction et admettant, comme précédemment, que cette résistance est modifiée par l'effort tranchant et réduite de la quantité $K'p_g$ proportionnelle à cet effort. Si donc

la rupture a lieu par arrachement, la situation du plan AM sera déterminée par la condition que $\Phi + K'p_s$ soit maximum.

Pour déterminer cette force Φ et la position de la fibre neutre, nous ferons usage des deux conditions d'équilibre dont nous n'avons pas encore tenu compte, l'équation des projections sur une normale à AM et celle des moments autour de A.

Remarquons tout d'abord que les forces d'arrachement φ ont une résultante dont la grandeur est représentée par la surface du triangle rectangle ayant Φ pour base et OM pour hauteur, et qui passe par le centre de gravité de ce triangle; les forces de compression φ_1 ont une résultante qui s'obtient de la même manière. D'où l'équation de projections

$$P_n - F\cos\theta = \frac{1}{2}(\Phi\overline{OM} - \Phi_1\overline{AO}) = \frac{\Phi}{2\overline{OM}}(\overline{OM}^2 - \overline{AO}^2);$$

soit

$$OM = \mu\overline{AM} = \mu L$$

l'équation de projections devient

$$(5) \qquad P_n - F\cos\theta = \Phi L\left(1 - \frac{1}{2\mu}\right);$$

L'équation des moments est

$$\mathfrak{M}P + \mathfrak{M}F + \Sigma\mathfrak{M}\varphi + \Sigma\mathfrak{M}\varphi_1 = 0;$$

or

$$\mathfrak{M}P = Pl\cos\alpha, \quad \mathfrak{M}F = -Ph\cos\alpha\,\mathrm{tang}\,f,$$

$$\Sigma\mathfrak{M}\varphi = -\frac{1}{2}\Phi\overline{OM}\left(L - \frac{1}{3}OM\right) = -\frac{\Phi L^2}{2}\mu\left(1 - \frac{1}{3}\mu\right),$$

$$\Sigma\mathfrak{M}\varphi_1 = \frac{1}{2}\Phi\frac{\overline{OA}^2}{\overline{OM}}\frac{1}{3}OA = \frac{1}{6}\Phi L^2\frac{(1-\mu)^2}{\mu},$$

d'où

$$(6) \qquad P\cos\alpha(l - h\,\mathrm{tang}\,f) = \frac{1}{2}\Phi L^2\left(1 - \frac{1}{3\mu}\right).$$

Éliminant $\frac{1}{2\mu}$ entre les équations (5) et (6), on a, pour déterminer Φ, l'équation

$$\frac{1}{6}\Phi L^2 + \frac{1}{3}L(P_n - F\cos\theta) = P\cos\alpha(l - h\,\mathrm{tang}\,f).$$

d'où, en remplaçant L et P_n par leurs valeurs,

$$\Phi = \frac{2P\cos\alpha}{h^2}(3l - 2h\,\mathrm{tang}\,f) - \frac{2P}{h}\cos\theta\sin(\alpha - \theta),$$

et enfin

$$\Phi + K'p_g = 2\cos^2\theta\,\frac{P}{h}\left[\left(\frac{3l}{h} - 2\,\mathrm{tang}\,f + \frac{K'}{2}\right)\cos\alpha - \sin\alpha\right]$$
$$+ \frac{P}{h}(2\cos\alpha + K'\sin\alpha)\sin\theta\cos\theta.$$

Cette expression est maximum pour

$$(7)\qquad \mathrm{tang}\,2\theta_2 = \frac{K'\,\mathrm{tang}\,\alpha + 2}{\frac{6l}{h} - 4\,\mathrm{tang}\,f + K' - 2\,\mathrm{tang}\,\alpha},$$

l'angle $2\theta_2$ étant en outre déterminé, comme dans le cas de la rupture par cisaillement, par la condition d'être compris entre $-\frac{\pi}{2}$ et $+\frac{\pi}{2}$. Le maximum correspondant de $\Phi + K'p_g$ a pour expression

$$(8)\quad \frac{P}{2h}\left\{\begin{array}{l}\left(\frac{6l}{h} - 4\,\mathrm{tang}\,f + K'\right)\cos\alpha - 2\sin\alpha + \\ + \sqrt{(2\cos\alpha + K'\sin\alpha)^2 + \left[\left(\frac{6l}{h} - 4\,\mathrm{tg}\,f + K'\right)\cos\alpha - 2\sin\alpha\right]^2}\end{array}\right\} = \frac{M_2 P}{2h}$$

Il reste à rechercher suivant laquelle des deux directions θ_1 ou θ_2 se produira la rupture. Remarquons tout d'abord qu'il résulte des expériences de MM. Combes, Lorieux et Couche, que la résistance au cisaillement est sensiblement la même que la résistance à la traction (la résistance à l'écrasement est, au contraire, généralement beaucoup plus grande); nous admettrons donc $c = c'$

et, par analogie, $K = K'$; or l'on a, en cas de rupture,

$$P_g + K p_n \geqq c, \quad \text{ou bien} \quad \Phi + K p_g \geqq c,$$

donc la rupture se fera par cisaillement ou par traction, suivant que le maximum de la première ou de la seconde de ces expressions atteindra la limite commune c; il faudra donc rechercher quelle est la plus grande des deux expressions

$$(9) \quad \begin{cases} M_1 = \cos\alpha + K\sin\alpha + \sqrt{1+K^2}, \\ M_2 = \left(\frac{6l}{h} - 4\operatorname{tang} f + K\right)\cos\alpha - 2\sin\alpha + \\ \qquad + \sqrt{(2\cos\alpha + K\sin\alpha)^2 + \left[\left(\frac{6l}{h} - 4\operatorname{tg} f + K\right)\cos\alpha - 2\sin\alpha\right]^2}. \end{cases}$$

Si α est voisin de 90°, on aura toujours $M_1 > M_2$, et la rupture aura lieu par cisaillement; en effet, pour $\alpha = 90°$:

$$M_1 = K + \sqrt{1+K^2} > 1 + K, \quad M_2 = -2 + \sqrt{4+K^2} < K.$$

Mais si h est petit relativement à l, on aura généralement $M_2 > M_1$ (sauf le cas de α voisin de 90°), car pour $h = 0$, $M_2 = \infty$, et la rupture se produira par arrachement.

En particulier si la couche considérée est infiniment mince, $\operatorname{tang} 2\theta = 0$, $\theta = 0$, et la rupture a lieu suivant la normale. La règle de la normale n'est donc applicable qu'au cas de couches infiniment minces et dont l'inclinaison n'est pas trop rapprochée de 90°.

La plus grande valeur théorique que θ puisse atteindre serait $\theta = \pm 45°$; elle répondrait au cas où le dénominateur de $\operatorname{tang} 2\theta_2$ serait nul, mais alors on aurait

$$M_2 = 2\cos\alpha + K\sin\alpha,$$

c'est-à-dire $M_2 < M_1$, et la rupture aurait lieu en vertu de l'effort tranchant, donc θ est toujours inférieur à 45° en valeur absolue.

Nous avons supposé dans l'établissement des formules qui précèdent $\alpha > 0$; il est évident qu'elles sont applicables au cas où la couche plonge vers le massif, à la seule condition de changer le signe α que nous comptons comme θ, dans le sens direct, autour de A.

2e Problème (Pl. VI, *fig.* 16).

Cas d'une couche unique d'épaisseur constante se rompant sous l'action de son poids.

Nous supposons la couche prismatique et homogène; soit δ sa densité et l sa longueur; ici le poids P n'est pas constant, il dépend de la direction du plan de rupture, et son expression, par mètre de galerie, est

$$P = \delta\left(hl + \frac{h^2}{2}\operatorname{tang}\theta\right),$$

d'où

$$p_n = \frac{\delta}{2}(2l\cos\theta + h\sin\theta)\sin(\alpha - \theta),$$

$$p_g = \frac{\delta}{2}(2l\cos\theta + h\sin\theta)\cos(\alpha - \theta),$$

ce que l'on peut écrire

$$\frac{4}{\delta}p_n = 2l\sin\alpha - h\cos\alpha - 2l\sin(2\theta - \alpha) + h\cos(2\theta - \alpha),$$

$$\frac{4}{\delta}p_g = 2l\cos\alpha + h\sin\alpha + 2l\cos(2\theta - \alpha) + h\sin(2\theta - \alpha).$$

Si la rupture a lieu par cisaillement, nous serons conduits, en raisonnant comme précédemment, à rendre maximum l'expression

$$\frac{4}{\delta}(p_g + Kp_n) = (h - 2Kl)\sin(2\theta - \alpha) + \\ + (2l + hK)\cos(2\theta - \alpha) + \text{constante}.$$

d'où

$$\operatorname{tang}(2\theta_1 - \alpha) = \frac{h - 2Kl}{2l + hK}; \tag{10}$$

on verrait encore que c'est l'angle $2\theta_1 - \alpha$ compris entre $-\frac{\pi}{2}$ et $+\frac{\pi}{2}$ qui convient au maximum.

La valeur de ce maximum est

$$(11)\quad M_1 = (2l - hK)\cos\alpha + (h + 2lK)\sin\alpha + \sqrt{(1+K^2)(h^2+4l^2)}.$$

Passons au cas où la rupture se produit par arrachement, la formule (5) sera applicable, en supprimant la force de frottement

$$P_n = \Phi L\left(1 - \frac{1}{2\mu}\right);$$

l'équation des moments nous donnera

$$\mathfrak{M}P = \frac{1}{2}\Phi L^2\left(1 - \frac{1}{3\mu}\right) = \frac{1}{6}\Phi L^2 + \frac{1}{3}P_n L.$$

Pour calculer le moment de la force P, nous la décomposerons en deux, l'une P_1, appliquée au centre du rectangle de côtés l et h, et l'autre P_2, au centre de gravité du triangle AIM; soient x_1, x_2 et x_3 les distances des points I, B, M, à la verticale AV :

$$\mathfrak{M}P_1 = P_1\frac{x_1+x_2}{2}, \qquad \mathfrak{M}P_2 = P_2\frac{x_1+x_3}{3},$$

$$x_1 = h\sin\alpha, \qquad x_2 = l\cos\alpha,$$

$$x_3 = L\sin(\alpha-\theta) = \frac{h\sin(\alpha-\theta)}{\cos\theta},$$

$$P_1 = \delta lh, \qquad P_2 = \frac{1}{2}\delta h^2\tang\theta,$$

d'où

$$\mathfrak{M}P_1 = \frac{\delta lh}{2}(h\sin\alpha + l\cos\alpha),$$

$$\mathfrak{M}P_2 = \frac{1}{2}\delta h^3\tang\theta(2\sin\alpha - \cos\alpha\tang\theta).$$

On a donc, pour déterminer Φ, l'équation

$$\frac{\delta lh}{2}(h\sin\alpha + l\cos\alpha) + \frac{\delta h^3}{2}\tang\theta(2\sin\alpha - \cos\alpha\tang\theta) +$$
$$= \frac{1}{6}\frac{\Phi h^2}{\cos^2\theta} + \frac{1}{6}\frac{\delta h^2}{\cos\theta}(2l + h\tang\theta)\sin(\alpha-\theta),$$

d'où

$$\frac{\Phi}{\delta} = 3l\left(\sin\alpha + \frac{l}{h}\cos\alpha\right)\cos^2\theta + h\sin\theta(2\sin\alpha\cos\theta - \cos\alpha\sin\theta)$$
$$+ (2l\cos\theta + h\sin\theta)\sin(\theta - \alpha)$$
$$= l\left(\sin\alpha + \frac{3l}{h}\cos\alpha\right)\cos^2\theta + (h\sin\alpha + 2l\cos\alpha)\sin\theta\cos\theta;$$

on a aussi

$$\frac{p_g}{\delta} = l\cos\alpha\cos^2\theta + \left(\frac{h}{2}\cos\alpha + l\sin\alpha\right)\sin\theta\cos\theta + \frac{h}{2}\sin\alpha\sin^2\theta,$$

Ecrivant que $\frac{\Phi + Kp_g}{\delta}$ est maximum, on a

$$(12) \qquad \operatorname{tang} 2\theta_2 = \frac{(h + Kl)\operatorname{tang}\alpha + 2l + \frac{Kh}{2}}{\left(l - \frac{Kh}{2}\right)\operatorname{tang}\alpha + l\left(\frac{3l}{h} + K\right)};$$

le maximum correspondant de $\frac{4}{\delta}(\Phi + Kp_g)$ est

$$(13) \quad \left\{ \begin{aligned} M_2 = {} & 2l\left(\frac{3l}{h} + K\right)\cos\alpha + (2l + Kh)\sin\alpha + \\ & + \sqrt{\begin{aligned}&[2(h + Kl)\sin\alpha + (4l + Kh)\cos\alpha]^2 + \\ &+ \left[(2l - Kh)\sin\alpha + 2l\left(\frac{3l}{h} + K\right)\cos\alpha\right]^2.\end{aligned}} \end{aligned} \right.$$

Si il s'agit d'une couche horizontale d'une grande épaisseur, on peut négliger l devant h, et il vient

$$\frac{M_1}{h} = K + \sqrt{1 + K^2}, \quad \frac{M_2}{h} = K;$$

on a

$$M_2 < M_1, \quad \text{si} \quad K < \sqrt{\frac{1}{3}},$$

ce qui a évidemment lieu ; la rupture se produit par cisaillement et est donnée par la formule

$$\operatorname{tang} 2\theta_1 = \frac{1}{K}, \quad \theta_1 = 45^\circ - \frac{\lambda}{2},$$

l'angle θ_1 est positif et peu inférieur à 45°, si K est petit.

Si, au contraire, on fait $h = 0$, on retombe, ainsi que cela devait être, sur les formules du premier problème.

Les problèmes qui précèdent ne sont pas la reproduction rigoureuse de ce qui se passe en pratique, pour plusieurs raisons :

1° Nous avons supposé, dans le second problème; la masse dont nous étudions la rupture, limitée et en quelque sorte isolée par une première cassure normale à la couche; or, cette première cassure ne saurait être regardée comme soumise à aucune règle générale;

2° Non seulement nous avons admis que les assises du toit étaient dégagées à l'avant par des éboulements antérieurs, mais encore latéralement, soit par la même cause, soit par des fissures naturelles. Toutefois, si le développement du front d'exploitation est grand, cette dernière condition n'est plus nécessaire, parce que les résistances aux ruptures latérales sont alors très faibles par rapport à celles qui répondent à la rupture suivant le front.

Toutes les considérations qui précèdent s'appliquent assez exactement à la recherche du profil des hauts escarpemeuts dans les vallées profondes ou sur le flanc des montagnes.

MISE EN FEU

DES

HAUTS FOURNEAUX A L'ANTHRACITE

Par M. T. EGLESTON, Ph. D., ancien élève de l'École des mines de Paris.
(Traduction par M. Ed. SAUVAGE, Ingénieur des mines.)

La méthode de mise en feu qui est adoptée pour presque tous les fourneaux à l'anthracite des États-Unis est originaire du Staffordshire; elle a subi les modifications imposées par les différences de situations, de combustibles, de minerais, de formes des fourneaux. Elle est applicable avec tous les combustibles; elle est bien plus sûre et plus rapide que la méthode des grilles, seule employée autrefois pour les fourneaux au bois, encore en usage pour quelques fourneaux au coke d'Europe. Sans exiger de précautions extraordinaires, elle a partout réussi; aussi pensons-nous que la description en sera intéressante.

Dès qu'un fourneau vient d'être revêtu à neuf, on établit par-dessus un bon toit pour l'abriter. Le fourneau étant complètement ouvert à la base, on y laisse quelquefois circuler l'air pendant plusieurs semaines, pour assécher à froid le revêtement. Cependant en Pennsylvanie on prend rarement cette précaution. En effet, ou la durée même de la réparation a été assez longue pour

que les maçonneries soient déjà suffisamment sèches, ou, si les affaires marchent bien, on n'a pas de temps à perdre et l'on procède à l'allumage, dès que les maçons ont fini leur travail. Si le fourneau est à poitrine ouverte, on installe dans l'avant-creuset une grille de $0^m,90$ sur $0^m,85$, on le recouvre d'une voûte, on construit sous la tympe un mur provisoire en y ménageant un carneau de 25 centimètres de côté ; sur la grille, on allume un feu de houille. Au début, le tirage doit être faible, et l'on rétrécit le carneau avec des briques. Pour les fourneaux à poitrine fermée, on construit à l'extérieur un foyer provisoire de $0^m,60$ sur $0^m,90$ à $1^m,20$. On ferme imparfaitement le gueulard avec des tôles, pour éviter la sortie trop rapide de l'air chaud.

Le feu est continué jusqu'à ce que l'humidité ne se condense plus dans les parties froides du fourneau, et que tout le revêtement intérieur paraisse sec. Le fourneau marchera d'autant mieux et d'autant plus longtemps que cette dessiccation préliminaire sera plus complète. Le temps et le combustible dépensés pour cette opération sont largement regagnés par la bonne conservation de la chemise et par la longue durée de la campagne : on doit donc retarder autant que possible le remplissage du fourneau. Si l'on est très pressé de produire, on réduit quelquefois à dix jours la durée de cette opération ; mais il vaut mieux la prolonger pendant deux mois. On ne pourra d'ailleurs dans aucun cas faire complètement disparaître toute l'humidité du revêtement. Un fourneau neuf dégagera souvent de petites quantités de vapeur un mois après sa mise en marche. Toutes choses étant égales d'ailleurs, la durée de la campagne dépend en général de la manière dont on aura séché le fourneau au début.

Pendant qu'on fait cette dessiccation, on monte les tuyères et l'on s'assure que toute la canalisation d'eau

fonctionne parfaitement. On met en marche la machine soufflante, on vérifie l'état des conduites de vent et de leurs vannes. Les buses sont examinées et tenues prêtes à être montées.

La sole du four est alors recouverte d'une couche de sciure de bois, de charbon de bois ou d'anthracite en poudre, épaisse de 15 centimètres au moins, pour empêcher les matières en fusion, qui descendront après la mise en feu, de se coller à la sole. Quelquefois on néglige cette précaution, et l'on pose directement sur la sole le bois qui sert à la mise en feu.

Dans les fourneaux à poitrine ouverte, un homme entre sur la sole par l'avant-creuset, et remplit le creuset de bûches de $1^m,20$ à $1^m,35$ de longueur, posées de champ, et formant généralement deux couches superposées. La hauteur occupée par le bois est ainsi de $2^m,50$ à 3 mètres. Quand il n'a plus de place, l'ouvrier sort par l'avant-creuset et achève le remplissage de l'extérieur, en plaçant à la fin du petit bois sec et des copeaux. Dans les fourneaux à poitrine fermée, le remplissage se fait entièrement par le gueulard; on pose de champ sur la sole des bois de 20 à 25 centimètres d'équarissage, hauts de 45 à 60 centimètres, qui supportent les lits de bûches; on remplit l'intervalle entre ces bois de copeaux et de menus bois, qui, n'étant pas comprimés par la charge supérieure, s'enflammeront aisément. On emploie du bois dur et sec, souvent du chêne.

Une longue expérience a prouvé, dans le district de Lehigh, que ces deux lits de bûches formaient la quantité de bois la plus convenable. Cette quantité est suffisante pour allumer la charge; une quantité plus forte peut être nuisible et causer des accidents. Quelquefois on remplit le fourneau de bois sur 6 mètres de hauteur, presque jusqu'au sommet des étalages. Cet excès de bois est dangereux, parce qu'il peut provoquer une descente irrégulière

de la charge, la combustion du bois pouvant être plus rapide d'un côté que d'un autre; il peut aussi causer un accident grave, en dégageant une chaleur trop vive, et être ainsi la cause d'un accrochage avant qu'on ne donne le vent. Une fois le bois brûlé, la charge entière doit descendre de toute la hauteur qu'il occupe. Cette descente doit se faire graduellement, et non brusquement, mais elle sera toujours plus rapide qu'en marche normale; il ne faut donc pas mettre trop de bois, et il ne faut pas qu'il brûle trop vite.

On met un jour et demi à entrer deux lits de bûches par l'avant-creuset, et six à douze heures à les descendre par le gueulard.

Quand le bois est mis en place et tous les vides qu'il laisse bien remplis, on ferme l'avant-creuset et l'on retire les tôles qui couvrent le gueulard; on y installe un treuil pour descendre la charge dans une benne. On garnit les étalages de madriers, pour protéger les briques contre l'action destructive de la charge, avant qu'elles n'aient pris un vernis convenable. Le vieux bois sans emploi ne manque généralement pas; à défaut de vieux bois, on prendrait des madriers neufs, ou plutôt des dosses, qui suffisent parfaitement.

Sur le bois, on empile 10 à 20 tonnes, quelquefois jusqu'à 30 tonnes d'anthracite, suivant la dimension du creuset. Il faut employer du charbon récemment extrait, car presque tous les charbons s'altèrent à l'air; l'oubli de cette précaution a causé des accidents sérieux. Le charbon est divisé en fragments de 15 centimètres de côté, ou charbon de bateau (voir le classement des anthracites, *Annales des mines*, 7e série, t. VII, p. 232) : on l'étale uniformément sur le bois, sans laisser la moindre trace de menu. Dans quelques usines, on se contente de jeter à la pelle le charbon par le gueulard. C'est un mauvais système, même pour les fourneaux de

moins de 18 mètres : avec de très hauts fourneaux, il serait absolument inapplicable ; la chute briserait le charbon et tasserait le menu à la base. En somme, c'est une méthode vicieuse et souvent dangereuse.

Il vaut bien mieux descendre le charbon dans des bennes et l'étaler soigneusement à la main. Dans certaines usines, on emploie la benne jusqu'à mi-hauteur, et on achève le chargement à la pelle. Pour un travail d'une telle importance, l'économie de temps et de main-d'œuvre n'est pas à considérer, car le moindre accident entraîne fatalement une forte dépense : on est bien plus sûr du succès en remplissant le fourneau entièrement à la benne. Après la mise en place de la première masse de charbon, le principe de la méthode de remplissage est partout le même, mais les détails varient un peu suivant les usines. A Glendon, on place d'abord sur la masse d'anthracite les 5/8 de son poids en laitier de haut fourneau cassé en morceaux de la grosseur du poing. Ces laitiers doivent être choisis avec soin ; il faut des laitiers de fourneau marchant en fonte grise et très basiques ; ce laitier doit en effet servir à scorifier les cendres du combustible, qui sont acides. Par-dessus le laitier, on dispose des charges de combustible, laitier, castine et minerai. A Glendon, on distingue la charge simple, usitée en allure courante, et la charge double, pour le remplissage. La charge double se compose de 24 brouettées d'anthracite, 12 brouettées de laitier, 6 de castine et 12 de minerai. Le poids de la brouettée est toujours de 4 quintaux anglais (203 kilogrammes) pour toutes les matières. Après avoir fait 4 ou 5 doubles charges de la composition indiquée ci-dessus, on remplace 2 brouettées de laitier par 2 brouettées de minerai et une de castine, et on continue successivement cette substitution jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de laitier, et que le poids du minerai soit égal à celui du combustible.

On remplit ainsi le fourneau jusqu'au sommet, les dernières charges étant des charges simples, telles qu'on les emploie en allure courante, composées de 12 brouettées d'anthracite, 6 de castine, 12 de minerai. Il est essentiel que ces charges soient étalées en couches horizontales et qu'il y entre aussi peu de menus que possible. Ce remplissage demande quatre à six jours suivant les dimensions du fourneau. La *fig.* 18, Pl. VI, représente le remplissage de haut fourneau n° 3 à Glendon. Le chargement, depuis la sole jusqu'au sommet, se compose des couches suivantes :

a 2 lits de bûches de champ;
b 80 brouettées d'anthracite (16.200 kilogr.);
c 50 brouettées de laitier (10.100 kilogr.);
d 24 brouettées d'anthracite (4.900 kilogr.);
e mélange de 12 brouettées de laitier, 12 de minerai, 6 de castine;
d', *e'*, *d''*, *e''*, *d'''*, *e'''*, même composition que *d* et *e*;
f 24 brouettées d'anthracite;
g mélange de 10 brouettées de laitier, 14 de minerai, 6 de castine;
h 24 brouettées d'anthracite;
i mélange de 8 brouettées de laitier, 16 de minerai, 8 de castine;
j 24 brouettées d'anthracite;
k mélange de 6 brouettées de laitier, 18 de minerai, 8 de castine;
l 24 brouettées d'anthracite;
m mélange de 4 brouettées de laitier, 20 de minerai, 10 de castine;
n 24 brouettées d'anthracite;
o mélange de 2 brouettées de laitier, 22 de minerai, 12 de castine;
20 autres charges composées chacune comme *n* et *o*;
15 charges composées de 24 brouettées d'anthracite et d'un mélange de 24 brouettées de minerai avec 12 de castine.

Ces 15 dernières charges sont jetées à la pelle, le reste étant descendu dans la benne. Ce remplissage a été terminé le 14 octobre 1880.

A Bethlehem, on place sur l'anthracite, toutes les 10 charges, 700 à 900 kilogrammes de laitier. En approchant du sommet, on met une dernière charge de 900 kilogrammes de laitier, puis on achève le remplissage avec les charges courantes de charbon, minerai et castine. Ce chargement demande 60 heures. A Port-Henry, ainsi qu'on le voit sur le journal de chargement reproduit ci-contre, on charge d'abord 225 kilogrammes de laitier sur 1.360 kilogrammes d'anthracite, puis on augmente jusqu'à 900 kilogrammes le poids de la charge de laitier; le fourneau est alors à moitié plein; on diminue alors jusqu'à zéro la proportion de laitier. Le poids de minerai augmente régulièrement toutes les 5 charges, de manière que les dernières charges de minerai pèsent de 1,12 à 1,25 fois autant que celles de combustible.

Les fourneaux de Bethlehem et Port-Henry sont à poitrine fermée.

Journal d'un chargement à Port-Henry.

DATES.	CHARGES.	CALCAIRE.	DOLOMIE.	MINERAI.	LAITIER.	CHARBON.	OBSERVATIONS.
1878 Janvier	Nombre	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.	
14	10	»	»	»	»	»	Charges de bois dans le creuset.
15	10	»	»	»	»	1800	
16	20	13,5	27	»	5 à 226	1360	
					5 à 453	id.	
					5 à 680	id.	
					5 à 900	id.	
	5	40	80	272	453	id.	
	5	51	102	340	363	id.	
17	5	61	122	410	272	id.	
	5	71	142	475	181	id.	
18	5	82	164	545	»	id.	
	5	92	184	610	»	id.	
	5	104	208	680	»	id.	
	5	112	224	750	»	id.	
	5	123	246	820	»	id.	
	5	132	264	885	»	id.	
19	5	143	286	950	»	id.	
	5	153	306	1020	»	id.	
	5	163	326	1090	»	id.	
	5	173	346	1160	»	id.	
	5	184	368	1225	»	id.	
	5	194	388	1290	»	id.	
	5	204	408	1360	»	id.	
	5	214	428	1430	»	id.	Plein jusqu'aux carneaux. — Monté la trémie. — Allumage à 11h 20 du soir.
20							
21	10	214	428	1430	»	id.	
	11	234	468	1540	»	id.	Plein après la combustion du bois.
Totaux.	131	16t,5	33t	108t	17t,5	180t	
22	34	234	468	1540	»	id.	Donné le vent à 2h 35 S. — Gaz sous les chaudières à 2h 55 S. — Gaz dans les appareils à air chaud : n° 1, 3h 25 ; n° 2, 3h 27 ; n° 3. 3h 30 — Pas d'explosions. — Coulée du laitier à 10h 10 S.
23	44	234	468	1540	»	id.	Fonte à 9h M., 17t.
24	41	id.	id.	id.	»	id.	
25	10	id.	id.	id.	»	id.	
	30	245	490	1630	»	id.	

Le 6 avril suivant, on chargeait 2.270 kilogrammes de minerai contre 1.520 kilogrammes d'anthracite.

L'emploi du laitier, autrefois très rare, s'est graduellement répandu ; la couche inférieure de laitier commence à fondre dès qu'on donne le vent ; il coule dans l'avant-

creuset et en échauffe le fond, il scorifie les cendres du bois et de l'anthracite et il contribue à vernir les briques des parois. (Ce vernissage des briques a une grande importance pour la bonne marche du fourneau.) Les premières portions de fer réduit, au lieu d'être disséminées dans la masse de cendres froides à la base du fourneau, comme c'est le cas avec la méthode des grilles, se rassemblent aussitôt au fond du bain de laitier. Les premières parties qui sortent du fourneau sont plus vitreuses que le laitier chargé; elles sont fréquemment colorées en brun foncé par le fer ou d'autres substances, mais ne sont jamais noires. Quand on ne charge pas de laitier, ce qui est rare aujourd'hui, on ajoute de la castine à la couche inférieure d'anthracite pour en scorifier les cendres. On achève le chargement avec des charges de minerai, castine et anthracite, la quantité de combustible étant double de celle employée en marche normale.

On évite avec soin les minerais menus dans ces premières charges, car il faut que la masse présente assez de vides pour que le tirage s'établisse convenablement lors de l'allumage.

Pendant le remplissage du fourneau on s'assure, si ce n'est déjà fait, que tous les appareils annexes sont prêts à fonctionner, car, dès que le remplissage est terminé, il faut pouvoir mettre en feu; autrement la charge se tasse et il peut en résulter des accidents.

L'allumage se fait au moyen de copeaux enflammés jetés par l'avant-creuset, ou de barres de fer rouge introduites par les tuyères et le trou de coulée. Tous les orifices de la partie inférieure du fourneau sont ouverts; il faut cependant craindre un tirage trop actif qui brûlerait le bois trop vite.

Au bout de 6 à 10 heures, des morceaux de charbons allumés commencent à paraître devant la tympe. On remplit alors l'avant-creuset de charbon menu, tassé

à la pelle et recouvert de terre à four. Par-dessus on pose deux lourdes plaques de fonte. Si le remplissage a été bien fait, un fort appel d'air se produit aux tuyères, et l'inflammation se propage régulièrement dans la masse. Quelquefois cependant l'appel ne se fait pas, quand la température ambiante s'élève brusquement, parce que la charge reste plus froide que l'atmosphère. On peut alors monter de petites buses et donner un peu de vent à faible pression, les tuyères restant ouvertes. Si la combustion est trop lente, il est à craindre que certaines parties de la masse de bois ne brûlent pas et que la charge ne descende irrégulièrement.

Au bout de 10 heures, c'est-à-dire 16 à 20 heures après l'allumage, les charbons incandescents commencent à arriver devant les tuyères, qu'on lute aussitôt. Mais quand la masse incandescente s'est montrée devant toutes les tuyères, on les rouvre afin de laisser rentrer l'air pendant une heure, pour activer le feu avant de donner le vent. Il est bon, d'ailleurs, de ne pas attendre plus longtemps. A Glendon, on donne le vent dès que tout le bois est carbonisé, ce qu'on reconnaît en introduisant par les tuyères une barre de fer pointue, qu'on pousse aisément de part en part quand il ne reste plus de bois non brûlé. Dans quelques usines, contrairement à ce que nous venons de dire, avec des fourneaux à poitrine fermée, on laisse les tuyères ouvertes tant que le tirage naturel subsiste.

Au point où nous sommes arrivés, on peut, si des circonstances imprévues l'exigent, fermer toutes les ouvertures du fourneau et attendre 24 et même 48 heures avant de donner le vent. Mais si l'on tarde davantage, on s'expose aux accrochages. Si d'ailleurs quelque appareil fonctionne mal et exige cet arrêt, c'est la marque d'une grande négligence, car on a eu tout le temps nécessaire pour réparer et mettre en parfait état le matériel.

Deux ou trois heures avant de donner le vent, on a eu soin d'allumer des feux ardents sous toutes les chaudières; un feu de houille brûlera dans la chambre de combustion ou au centre des massifs de briques des appareils à air chaud. Il faut, en effet, que les parois des fourneaux et les carneaux soient bien chauds pour que le gaz s'allume à coup sûr en y pénétrant. Il est préférable de ne pas donner le vent avant que les gaz du gueulard ne soient combustibles; il ne convient pas non plus de l'allumer avant de fermer la trémie de chargement, car il peut alors se produire des explosions sous la trémie et même à l'intérieur de la charge. On a vu ces explosions projeter en l'air et même briser les trémies, en ruinant la maçonnerie qui les porte, causant ainsi de dangereux retards. On ne fermera donc la trémie que lorsque le dégagement du gaz est abondant; on laisse en même temps fermés les registres d'admission de gaz aux appareils. Tout l'air contenu dans les conduites s'échappe par les joints et on n'a pas d'explosion à redouter. On ouvre alors les registres lentement et l'un après l'autre. Dans quelques usines, on envoie au préalable dans les conduites les gaz de la combustion des feux allumés dans les appareils pour chasser l'air. Dans tous les cas, en marche normale comme à la mise en train, il est bon qu'il y ait toujours excès de pression dans les conduites de gaz. Ajoutons qu'on doit commencer à donner le vent et allumer le gaz pendant le jour.

Dans quelques usines, on fait usage au début de buses à section réduite, qui n'ont parfois que 5 centimètres de diamètre. On lute soigneusement le joint entre la buse et la tuyère; le mieux est encore de tourner sur la buse une portée conique qui s'ajuste sur un siège; on évite ainsi les fuites, et le remplacement des buses est facile. Dans d'autres usines, on se sert des buses définitives, mais en réduisant la pression du vent. Dans les fourneaux à nom-

breuses tuyères, on ne souffle d'abord que par une partie d'entre elles; il est, en effet, plus facile de mettre en marche une buse nouvelle que d'en changer une.

La masse doit descendre régulièrement dans le fourneau; à mesure qu'elle descend, on ajoute de nouvelles charges composées comme celles qui ont achevé le remplissage. Les gaz se dégagent abondamment, mais ils sont peu combustibles au début, parce qu'ils sortent froids et mêlés à une forte proportion de vapeur d'eau.

Le laitier s'élève au niveau des tuyères 3 à 12 heures après qu'on a donné le vent, selon la nature de la charge et la dimension du creuset. On le coule quelquefois par le trou de coulée pour réchauffer cette partie du fourneau. Dans les fourneaux à poitrine ouverte, on ne l'admet, en général, dans l'avant-creuset que lorsqu'il s'élève jusqu'aux tuyères; il est plus sûr cependant, pour éviter l'engorgement des tuyères, de le laisser couler dans l'avant-creuset dès que les flammes cessent de sortir sous la tympe (ce qui prouve que le laitier s'élève jusqu'à ce niveau). On vide, au préalable, l'avant-creuset et on perce à coups de ringards le barrage sous la tympe, en réduisant le vent. Dès que l'avant-creuset est rempli, on le recharge de nouveau avec les masses de fonte et on rend le vent en plein. Si le laitier n'a pas un aspect satisfaisant, on vide l'avant-creuset et la sole du four.

La fonte commence à paraître 12 à 20 heures plus tard. Si des laitiers figés ou des morceaux de charbon imparfaitement brûlés obstruent la sole, elle peut paraître plus tôt et même déborder à l'improviste par-dessus l'avant-creuset.

Dans un fourneau destiné à produire 60 tonnes par 24 heures, la première coulée sera de 14 à 15 tonnes, quelquefois de 5 à 6 seulement. On n'arrive à la production normale qu'au bout de 4 à 5 semaines, quelquefois cependant au bout de 2 semaines. Il est essentiel toute-

fois de ne pas chercher à forcer la production au début de la campagne; on doit alors se limiter à la moitié ou même au tiers de la production normale; il faut régler le vent avec prudence, pour éviter les accrochages et toute espèce d'arrêt, toujours funeste lors de la mise en train.

L'insuccès est très rare avec la méthode que nous venons de décrire. S'il se produit, il tient, ou à un mauvais remplissage, ou à une trop longue attente après le remplissage, ou à l'emploi de mauvais combustibles, ou de minerais menus en trop forte proportion. La période la plus critique est celle où l'on approche du maximum de production, car on peut s'être trompé sur la fixation de ce maximum; une attention soutenue suffira toutefois pour éviter les accidents.

Je suis heureux, en terminant, d'exprimer tous mes remerciements à M. T. Egleston, qui a bien voulu me permettre de reproduire ce travail, en me recommandant seulement de ne pas oublier de lui donner le titre d'« ancien élève de l'École des mines de Paris ».

NOTE

SUR LES

FREINS A VAPEUR DES LOCOMOTIVES

Par M. Ed. SAUVAGE, ingénieur des mines.

J'entends par freins à vapeur, suivant l'usage, les freins à sabots actionnés par des pistons sur lesquels s'exerce la pression de la vapeur au moment du serrage. Ces freins sont peu répandus en France (*); les locomotives anglaises en sont fréquemment munies, et des applications en ont été récemment faites avec succès sur le chemin de fer du Nord français : il me paraît intéressant de décrire ces appareils commodes et peu coûteux. Dans son ouvrage sur les chemins de fer, M. Couche cite, sans les décrire, les freins à vapeur appliqués à quelques machines Crampton du chemin de fer du Nord, puis démontés (t. III, p. 495) : ce ne sont pas des freins du genre que je viens de définir, car ils sont actionnés par une machine à vapeur à réaction. Toutefois, les exemples de moteurs de cette espèce étant rares (M. Callon en cite quelques-uns dans son *Cours de machines*, t. II, p. 185), je dirai quelques mots de ces appareils, appliqués par M. Pétiet, vers 1860.

L'appareil à réaction (*fig.* 1 et 2, Pl. VII) recevait la vapeur par un tuyau de 27 millimètres de diamètre inté-

(*) Rappelons cependant qu'ils sont en usage sur la ligne de Sceaux. On les employait aussi en 1857 sur la ligne d'Auteuil : les locomotives avaient 2 cylindres de 350 millimètres de diamètre, agissant sur des sabots qui appuyaient sur la partie supérieure des roues motrices.

rieur, muni d'un robinet que le mécanicien ouvrait pour serrer le frein : la vapeur pénétrait dans l'arbre creux d'un tourniquet, percé de 5 trous de 12 millimètres de diamètre, dont les centres étaient placés sur un cercle de 104 millimètres de diamètre. Une boîte en fonte entourait ce tourniquet et portait un large tuyau d'échappement débouchant dans le cendrier de la locomotive. Sur l'arbre du tourniquet était calé un pignon commandant une roue dentée montée sur la vis de manœuvre du frein. Cette vis était, en outre, munie d'un volant pour le serrage à la main. Sur d'autres locomotives, on avait supprimé l'engrenage et commandé directement la vis par un tourniquet à 5 ouvertures de 18 millimètres de diamètre, disposées sur un cercle de 200 millimètres de diamètre : le tuyau d'alimentation avait à l'intérieur 43 millimètres. Ces appareils ont été démontés au bout de quelques années; je n'ai pu recueillir de renseignements précis sur leur fonctionnement : d'un procès-verbal d'essai, il résulte que les sabots étaient appliqués sur les bandages avec une faible pression, et que, pour obtenir un arrêt rapide, il fallait achever le serrage à la main; d'autre part, d'anciens mécaniciens de la compagnie, qui se sont servis de ce frein, disent qu'il était brutal et souvent difficile à desserrer. Dans les deux cas, les appareils et la timonerie n'étaient probablement pas montés de même.

Revenons aux freins à vapeur dans le sens propre du terme. Je commencerai par donner quelques exemples de l'installation de ces appareils. La *fig.* 3, Pl. VII, représente le moteur du frein des locomotives du chemin de fer du Midland. Le cylindre, dont le diamètre est de 230 millimètres, est placé horizontalement sous la plateforme du mécanicien. La pression sur le piston est de 4.000 kilogrammes quand la tension de la vapeur est de 10 kilogrammes par centimètre carré. Les tiges, agissant

sur l'extrémité des porte-sabots, sont alors tirées par une force de 8.000 kilogrammes. Un ressort desserre les freins lors de l'échappement de la vapeur. La course du piston est de 160 millimètres.

La *fig.* 4, Pl. VII, donne le croquis du frein à vapeur des locomotives du chemin de fer de « London and North-Western ». Le cylindre est également sous la plate-forme, un peu en avant de la cheville d'attelage, mais il est placé verticalement, et le piston agit de bas en haut, ce qui exige l'emploi d'une garniture autour de la tige à fourreau, dans laquelle se loge la bielle. Un purgeur automatique, fort simple, consistant en une petite bille que la vapeur applique sur son siège, et qui retombe par son poids, laisse écouler l'eau de condensation lorsque le frein ne fonctionne pas. Le piston agit sur un balancier qui tire d'un côté le frein de la machine et de l'autre celui du tender; ce balancier est suspendu par une bielle. Pour une tension de 10 kilogrammes, la pression sur le piston, déduction faite de la section du fourreau, et de 3.300 kilogrammes. Ce mode de commande simultanée des freins de la machine et du tender est fort simple : il exige une assez longue course du piston, surtout quand il y a des tampons élastiques entre le tender et la machine, tampons qui se compriment quand on serre le frein. On voit immédiatement sur la figure que les tensions des tiges de commande des deux freins sont égales chacune à la pression sur le piston, quand l'appareil est dans la position moyenne de serrage.

Sur la *fig.* 5, Pl. VII, on voit la commande du frein des petites locomotives de manutention à deux essieux accouplés du chemin de fer du Nord, locomotives qui remplacent les chevaux pour les mouvements des wagons dans les gares. Le frein peut se manœuvrer à la main au moyen de la vis, ou à l'aide du cylindre à vapeur, la tige de la vis étant libre de se soulever dans le second

cas. Le frein a deux sabots en bois, qui suffisent sans trop d'usure pour des efforts relativement faibles, agissant sur les deux roues d'un des essieux. Le cylindre est fermé à sa partie inférieure par un plateau portant une garniture qui guide la tige. La vapeur et l'eau de condensation qui peuvent fuir autour des segments du piston sont rejetées dans le cendrier par un tuyau librement ouvert. Un contre-poids, fixé sur un levier de l'arbre du frein, assure le desserrage. Le diamètre du piston étant de 160 millimètres, la pression est de 1.800 kilogrammes, pour une tension de la vapeur de 9 kilogrammes : en négligeant les pertes dues aux frottements et supposant la pression également partagée entre les deux sabots, on trouve 1.500 kilogrammes sur chacun d'eux, le poids de la machine garnie étant de 10 tonnes.

La *fig.* 6, Pl. VII, représente le frein d'une locomotive à grande vitesse du chemin de fer du Nord. Le piston, pressé par la vapeur, écarte, en descendant, les sabots par l'intermédiaire de deux cames. Les cames sont tracées de telle sorte que la pression sur les sabots soit constante pour toutes les positions du piston et égale, sur chaque sabot, à 1.600 kilogrammes, pour une pression de 2.500 kilogrammes sur le piston (diamètre du cylindre, 180 millimètres; tension maxima de la vapeur, 10 kilog.). La course du piston est suffisante pour l'usure complète des sabots et des bandages. Il y a de chaque côté de la machine entre les roues motrices un système semblable; des entretoises transversales en fer rond réunissent les sabots.

L'appareil de manœuvre des freins à vapeur est des plus simples : il suffit d'un robinet à trois voies qui mette le cylindre du frein en communication avec la chaudière pour le serrage, et avec l'atmosphère pour le desserrage. Une faible section de passage pour la vapeur suffit : nous donnons un peu plus loin quelques chiffres à ce sujet :

une trop large arrivée de vapeur est, au contraire, nuisible, à cause des chocs auxquels elle soumet le mécanisme.

Les *fig.* 7 et 8 (Pl. VII) représentent un robinet de manœuvre employé sur les locomotives du chemin de fer du Nord : la clef est munie d'une garniture en métal antifriction, qui rend le robinet parfaitement étanche (au moins en ce qui touche les fuites à l'extérieur, les seules gênantes dans l'espèce) et néanmoins très doux à manœuvrer. Dans la position de la figure, la vapeur de la chaudière arrive par la tubulure qui est à droite, et le tuyau aboutissant au cylindre de frein est en dessous; l'échappement se fait par le tuyau supérieur, qui aboutit dans la boîte à fumée et sert aussi de souffleur. Le robinet est figuré dans la position de serrage : en faisant faire à la clef un quart de tour de gauche à droite, on la place dans la position de desserrage; si elle fait encore un quart de tour, le robinet fonctionne comme robinet souffleur.

On peut se proposer de graduer avec précision et à volonté la pression sur le piston qui actionne le frein, suivant la position qu'on donne au levier de manœuvre. On y arrive en faisant usage d'une soupape réductrice, pressée par un ressort dont la tension varie suivant la position de ce levier. Un appareil de ce genre (soupape de Welch) est décrit et figuré dans le journal l'*Ingénieur* du 9 décembre 1881. Une disposition très simple, imaginée par M. Duparque, inspecteur des ateliers de la compagnie du Nord à Hellemmes, et appliquée sur une locomotive de la compagnie, produit le même effet : la clef du robinet de manœuvre est construite de telle sorte que l'orifice d'échappement reste encore ouvert lorsque la vapeur est admise au cylindre du frein; pour chaque position de la clef, il y a un rapport déterminé entre la section ouverte pour l'admission dans le cylindre et la section d'échap-

pement : ce rapport augmente à mesure qu'on tourne la clef jusqu'à ce que l'orifice d'échappement soit complètement fermé. Cet appareil fonctionne bien comme réducteur de pression, au prix d'une perte insignifiante de vapeur. Le diagramme (*fig.* 9, Pl. VII) représente la relation qui a été observée entre les pressions dans le cylindre du frein et les diverses positions de la clef du robinet; les 17 ordonnées 0 à 16 correspondent à une série de positions déterminées de la poignée de manœuvre, et pour chaque position les sections d'échappement et d'admission ouvertes sont indiquées.

On dispose fréquemment aussi le robinet de commande d'un frein de vapeur de manière à ce qu'on puisse faire fonctionner ce frein en même temps qu'un frein continu monté sur le train, au moyen d'une seule manœuvre. Ainsi sur les locomotives du chemin de fer Great Western, en manœuvrant un levier unique, on commence par faire rentrer l'air dans la conduite du frein à vide automatique du train, ce qui en applique les freins : poussé à fond de course, le même levier fait en outre fonctionner le frein à vapeur de la locomotive. Ce dernier frein ne fonctionne donc qu'exceptionnellement et pour les arrêts très rapides. Dans des applications en étude sur le réseau du Nord, c'est au contraire le frein de la machine qui fonctionne le premier, puis ensuite le frein à vide du train.

Nous donnerons ici le résumé de quelques expériences qui ont été faites par M. Kéromnès, ingénieur des ateliers de la compagnie du Nord à Hellemmes, pour déterminer la rapidité du serrage et la dimension à donner aux conduits de vapeur. Les expériences ont porté sur une locomotive Engerth à 4 essieux accouplés : le frein de la machine est commandé par deux cylindres de 200 millimètres de diamètre, et celui du tender par deux autres cylindres de 150 millimètres. Le robinet de manœuvre est celui des *fig.* 7 et 8 : de ce robinet part un tuyau de

20 millimètres de diamètre intérieur et de 3 mètres de longueur développée, qui se bifurque en deux tuyaux de 16 millimètres intérieur, l'un de $2^m,400$ de longueur, plus deux bouts de 450 millimètres chaque et de même diamètre, aboutissant aux cylindres de la machine, et l'autre de 4 mètres, plus deux bouts de $1^m,100$, pour le tender. Les tuyaux sont donc longs et étroits.

M. Couche a décrit, dans les *Annales des mines* (5e s., t. VI, p. 393), un frein à vapeur appliqué avec succès aux locomotives Engerth : les sabots, directement pressés par le cylindre à vapeur, frottent sur le rail.

Le graphique de la *fig.* 10 (Pl. VII) représente les pressions observées dans les cylindres de la machine, en ordonnées, les abscisses étant les secondes comptées à partir du moment de l'ouverture du robinet. Dans l'expérience n° 1, la pression dans la chaudière était de 8 kilogrammes, et les cylindres étaient complètement froids; dans l'expérience n° 2, la pression était la même, mais les cylindres étaient réchauffés par l'expérience précédente ; enfin, dans l'expérience n° 3, les cylindres étaient chauds encore, et la pression dans la chaudière $6^k,750$: le serrage n'en a pas moins été rapide. Pour le tender, les résultats sont à peu près les mêmes ; cependant le temps nécessaire pour obtenir une pression donnée est en général de 1 seconde plus long, ce qui s'explique par la plus grande longueur du conduit de vapeur et surtout parce que l'on avait été conduit à ménager une très petite ouverture pour la purge dans les pistons du tender.

Ces expériences montrent que la faible section donnée aux tuyaux est suffisante, et que le serrage est rapide, au moins quand les cylindres sont chauds. Lorsqu'ils sont froids, le serrage est assez lent. Ce retard dans le serrage pourrait être fâcheux : on pourrait d'ailleurs y remédier aisément, soit en maintenant toujours une

fuite au robinet de commande, soit, lorsque les cylindres sont vers l'avant de la machine, en reliant la partie ouverte du cylindre, incomplètement fermée par son plateau, aux conduits d'échappement de la locomotive, à l'aide d'un petit tuyau : la vapeur d'échappement maintiendrait le cylindre constamment chaud. Enfin, lorsque le cylindre du frein est placé sous la plate-forme du mécanicien et contre la boîte à feu, il n'est pas à craindre qu'il se refroidisse.

Il reste un élément du frein fort important dont nous n'avons pas parlé, parce qu'il n'a rien à voir avec le mode de commande, c'est la pression que doivent exercer les sabots sur les roues, par rapport au poids de ces roues sur le rail. On sait que la pression limite qui cale les roues varie avec la vitesse et le coefficient d'adhérence. M. Douglas Galton a déduit de ses expériences, rapportées notamment dans l'*Engineering* du 15 novembre 1878, p. 395, les chiffres suivants pour la valeur de cette pression en fonction du poids : 0,6 à la vitesse de 12 kilomètres à l'heure, 2,08 à la vitesse de 96 kilomètres, quand le coefficient d'adhérence est de 1/7 ; ces chiffres deviennent 1,04 et 3,47 aux mêmes vitesses, quand l'adhérence est de 1/4. Sur les locomotives du chemin de fer du Nord, la pression des sabots est en général de la moitié environ du poids des roues sur le rail, et souvent moins lorsqu'il y a plusieurs essieux accouplés. Les fortes pressions de sabots fatiguent les machines, sans ajouter beaucoup à la rapidité de l'arrêt, surtout quand l'adhérence est faible.

En résumé, les freins à vapeur sont des appareils d'une installation généralement facile et d'une manœuvre commode. Sur les locomotives à voyageurs, on peut trouver avantage à les monter en relation avec les appareils du frein continu des voitures : on a ainsi sur le train deux freins différents qui peuvent agir séparément ou bien

ensemble. Pour les locomotives à marchandises, un frein à vapeur agissant sur la machine et le tender est commode, mais avec de longs trains dont les wagons ne sont généralement pas attelés au contact, il faut s'en servir avec précaution dans le service courant; en le faisant agir trop brusquement, on s'expose à des ruptures d'attelages. Ces ruptures ne sont pas imputables au système de frein : elles sont la conséquence de l'arrêt rapide d'une locomotive en tête d'un train mal attelé. Ce frein est commode aussi et sans inconvénients alors dans les manœuvres fréquentes que font les machines à marchandises, seules ou avec quelques wagons.

C'est surtout sur les machines de gare que le frein à vapeur (ou un autre frein à commande mécanique, qui sera généralement plus compliqué) peut rendre les plus grands services. Ces machines, surtout dans les manœuvres de triage, s'arrêtent à chaque instant; pour ces arrêts, la contre-vapeur n'est pas d'un usage facile, au moins toutes les fois que la machine ne doit pas repartir en sens contraire après s'être arrêtée, ce qui est très fréquent dans les manœuvres au lancer. Aussi le chauffeur de ces machines est-il presque constamment employé à manœuvrer la vis du frein. Une machine munie d'un frein à vapeur pourra, dans bien des cas, être conduite par un seul homme. Rappelons à cette occasion que l'administration supérieure a autorisé des compagnies de chemin de fer à faire circuler, même sur des lignes où le trafic est très actif, des trains de voyageurs dont la locomotive ne porte qu'un seul agent. L'addition d'un appareil mécanique simple de serrage à beaucoup de machines de gare, munies seulement d'un frein à vis, peut rendre le service de ces machines plus rapide et plus économique.

NOTE

SUR

LA CONSOLIDATION DES ESSIEUX COUDÉS

DE LOCOMOTIVES

Par M. Ed. SAUVAGE, ingénieur des mines.

Dans une note sur les essieux et bandages qui a paru au tome I de la 8e série des *Annales des mines*, M. Worms de Romilly fait observer (page 520) que quelquefois des essieux coudés se maintiennent à peu près en place après rupture. Toute disposition de nature à produire cet effet est intéressante; celle qui est l'objet principal de la présente note ne me semble pas avoir attiré l'attention autant qu'elle le mérite.

Le plus souvent, on garnit les coudes des essieux de frettes en fer posées à chaud, ainsi que le représente la *fig.* 11, Pl. VII. Chaque frette, dans l'exemple choisi, a une section de 35 millimètres sur 100. Le serrage donné est de 1 millimètre sur le grand axe (565 millimètres), d'où il résulte, pour la frette refroidie en place, une tension considérable (*). Ces frettes maintiennent l'essieu en

(*) D'après la formule ordinaire, on trouverait une tension de 35 kilogrammes par millimètre carré. Mais la limite de l'allongement élastique doit être dépassée, et le métal prend un nouvel état d'équilibre.

place si l'un des coudes vient à se rompre : mais ce genre de rupture est fort rare ; il n'est cependant pas sans exemple (voir la note ci-dessous).

Presque toujours les essieux coudés périssent par suite de fissures au raccordement du tourillon avec l'un des coudes. Parfois ces fissures amènent la rupture complète, mais souvent l'essieu est retiré du service avant rupture (*). Il est assez délicat d'apprécier le moment où il convient de condamner un essieu, et cette appréciation est assez arbitraire. Les fissures sont peu visibles au premier abord ; mais elles paraissent clairement quand l'essieu est soumis à un choc un peu violent (en heurtant la paire de roues contre une autre) ; l'huile qui sort des fissures les dessine à la surface de l'essieu.

Nous ferons remarquer, à cette occasion, que les parcours kilométriques totaux des essieux coudés, tels qu'ils figurent sur les tableaux statistiques, ne peuvent pas toujours donner une idée bien juste de la qualité intrinsèque des essieux, le parcours de l'essieu dépendant du plus ou du moins de sévérité de l'agent qui l'a examiné et aussi du moment où la visite en a été faite, l'examen sérieux ne pouvant avoir lieu que lorsque les roues sont démontées pour rafraîchir ou remplacer les bandages.

Les raccordements des tourillons qui se fissurent ainsi, sont évidemment les points les plus faibles de

---

(*) Pendant les cinq années 1881 à 1885, il y a eu sur le chemin de fer du Nord 58 ruptures d'essieux coudés, dont 5 dans le coude, 1 dans la fusée et les autres au tourillon (parmi ces dernières, il y a eu 36 ruptures du tourillon droit signalées, 12 du tourillon gauche, et, pour 4, on a omis de désigner le tourillon rompu. Dans les années précédentes, on trouve également beaucoup plus de ruptures du tourillon droit que du tourillon gauche. Y a-t-il là quelque erreur singulière dans les relevés ? Ce point sera spécialement examiné à l'avenir. Pendant la même période, on a retiré du service 100 essieux coudés, dont 93 pour criques, et 7 pour fusées forcées et autres causes.

l'essieu; le diamètre du tourillon (200 millimètres dans l'exemple choisi) est, en général, à peu près le même que celui du corps de l'essieu. Une solution radicale, mais peu pratique, consisterait à grossir le tourillon; il faudrait alors grossir la tête déjà forte de la bielle motrice et souvent aussi relever la chaudière pour lui faire place. Un moyen plus simple, non pas pour éviter les fissures mais pour en atténuer l'inconvénient, consiste à percer dans l'axe du tourillon, de part en part, un trou à travers lequel passe un boulon qui le remplit bien exactement; un écrou, s'appuyant sur l'un des coudes tandis que la tête du boulon s'appuie sur l'autre, est serré à fond, et le rebord laissé autour du corps du boulon, ainsi qu'on le voit sur la figure, est rivé à froid sur l'écrou pour empêcher le desserrage. La tête du boulon et l'écrou sont noyés dans les coudes; leur logement occupe une place où le métal de l'essieu ne travaillait pas. La tête et l'écrou, cylindriques extérieurement, portent des trous pour le serrage. Il vaut mieux ne pas mettre d'ergot au boulon, afin d'éviter l'entaille correspondante dans l'essieu. On peut aussi, dans certains cas, si le coude ne passe près d'aucune pièce de la machine, laisser l'écrou en saillie.

Le diamètre du trou qui traverse le tourillon étant de 60 millimètres dans l'exemple choisi, la section du boulon est de 2.820 millimètres carrés. L'essieu est affaibli par ce trou percé dans l'axe du tourillon d'une manière insignifiante, mais le boulon offre une très grande résistance. On le construit en fer bien nerveux, donnant de très grands allongements. En cas de rupture ou de commencement de rupture du tourillon, le boulon tendra à être cisaillé, et la section entière travaillera. Si le boulon devait, au contraire, être soumis à une traction suivant son axe, la section de rupture serait la section qui reste au fond du filet, et qui n'est que de 2.460 millimètres carrés. Dans ce cas, il serait bon de percer, dans la partie

cylindrique du boulon, un trou borgne de 21 millimètres de diamètre, de sorte que la section annulaire restante soit égale à la section réduite par le filetage. Sous l'influence d'une charge excessive, le boulon pourrait travailler à l'allongement sur toute sa longueur au lieu de se rompre à la section la plus faible. Mais c'est surtout au cisaillement que le boulon devra résister ; il ne faut donc pas affaiblir sa section en l'évidant.

Dans le cas d'une rupture du tourillon, le boulon paraît devoir maintenir en place les deux parties bien emboîtées l'une dans l'autre. On construit parfois des arbres coudés en plusieurs pièces assemblées ; l'essieu rompu devient un arbre composé. Il est probable cependant que l'assemblage prendra bientôt un peu de jeu et qu'on s'apercevra de l'avarie au bout de peu de temps. Cette disposition rend plus sûr encore l'emploi des essieux coudés ; de plus, l'entretien des essieux coûte moins cher, parce qu'on peut sans crainte laisser en service des essieux présentant des criques légères. Le prix du perçage et de l'alésage des deux trous de l'essieu représenté sur la figure, de la construction et du montage des deux boulons avec écrous est de 40 francs. Le prix de la construction et de la pose des quatre frettes est de 125 francs. Le boulonnage s'applique soit aux essieux neufs, soit aux essieux en service dont on veut prolonger la durée. Il me semble beaucoup plus efficace que le frettage des coudes, qu'il n'exclut pas d'ailleurs et qu'il est bon de conserver.

J'ajouterai enfin que ce procédé est appliqué dans les ateliers du Midland Ry, à Derby, ateliers si remarquables dans leur ensemble et dans leurs détails. J'ignore quel est l'auteur du procédé et s'il a pris naissance à Derby.

SUR LES CONDITIONS

DE

RÉSISTANCE DE QUELQUES ÉLÉMENTS

DES PORTIÈRES DE L'ÉCLUSE DE LA MONNAIE

Par M. H. RÉSAL, ingénieur en chef des mines,
Professeur de construction à l'École supérieure des mines.

1. *Exposé.* — Ces portières, qui sont en fer, ont été construites (1852-53) dans les ateliers de M. Cavé et, si je ne me trompe, d'après les projets et sous la direction de M. Poirée, inspecteur général des ponts et chaussées.

Mais il ne paraît pas que l'on ait publié à ce sujet une étude théorique sur les équarrissages des différentes pièces qui constituent un vantail. Je vais essayer de combler cette lacune, tout en me restreignant à ne considérer que quelques-unes de ces pièces.

Pour ce qui se rapporte à ce qui suit, il suffit de rappeler qu'un vantail se compose :

1° De onze entretoises horizontales jointives, en forme de demi-tubes circulaires de $0^m,25$ de rayon moyen, de $0^m,007$ d'épaisseur, présentant leur convexité vers l'amont ;

2° D'un châssis rectangulaire de $0^m,45$ de hauteur, portant la vantellerie ;

3° De quatre entretoises verticales équidistantes dont les extrêmes sont aussi et respectivement à la même distance des axes des poteaux tourillon et busqué. Mais je n'aurai à tenir compte ni de ces dernières entretoises ni du châssis, parce que je me propose de m'occuper uniquement de la déformation des demi-tubes produite par la pression d'amont.

2. *Formules fondamentales.* — J'ai donné pour la première fois en 1859, dans ce recueil, les formules que je vais rappeler qui se rapportent à la faible flexion des pièces circulaires, et que j'ai reproduites depuis, en leur donnant de l'extension, dans mes cours de l'École polytechnique et de l'École des mines.

Soient (Pl. VII, *fig.* 12)

O le centre,
ρ_0 le rayon de la fibre moyenne à l'état naturel,
θ_0 l'angle, formé avec un axe fixe Ox, par un rayon mené à un point quelconque m_0 de cette fibre,
$\theta = mOx$ ce que devient cet angle après déformation,

$$\delta\theta = \theta - \theta_0,$$

$r = \rho_0(1+u)$ le rayon vecteur Om,
V l'angle formé par la tangente en m avec Om,
$\mathfrak{M}$ le moment fléchissant par rapport au point m.

On conservera à E et I leurs significations connues. On a :

$$\text{(A)} \qquad V = 90^\circ - \frac{du}{d\theta}.$$

$$\text{(B)} \qquad EI\left(\frac{d^2u}{d\theta} + u\right) + \rho_0 \mathfrak{M} = 0.$$

$$\text{(C)} \qquad \delta\theta = -\int_0^\theta u\,d\theta.$$

On remarquera que $\frac{du}{d\theta} = 0$ quand $V = 90^\circ$.

3. *Déformation d'une entretoise horizontale.* — L'en-

tretoise peut être regardée comme encastrée horizontalement suivant ses bords.

Il suffit de considérer un tronçon d'un mètre de longueur de l'entretoise, ce qui revient à n'avoir égard qu'à la section droite de la pièce.

Soient,

Ox la verticale du centre O dirigée en sens inverse de la pesanteur;

A, B les extrémités supérieure et inférieure de la pièce;

φ l'angle formé avec Ox par le rayon mené en un point n de l'arc Am défini par l'angle polaire θ;

h la hauteur du niveau au-dessus du point A;

T, P les composantes horizontale et verticale de la réaction de l'encastrement A;

μ le moment élastique développé dans cet encastrement;

Δ le poids spécifique du liquide.

Le moment par rapport à m de la pression élémentaire

$$\Delta[h + \rho_0(1 - \cos\varphi)]\rho_0 d\varphi, \quad (*)$$

a pour valeur

$$\Delta[h + \rho_0(1 - \cos\varphi)]\rho_0^2 \sin(\theta - \varphi),$$

(*) La composante horizontale de la pression totale exercée sur la pièce est

$$\Delta\rho_0 \int_0^\pi [h + \rho_0(1 - \cos\varphi)] \sin\varphi d\varphi = 2\Delta\rho_0(h + \rho_0),$$

et est, par suite, la même que si l'entretoise cylindrique était remplacée par une entretoise plane de même largeur.

Ainsi sous ce rapport la substitution des demi-tubes à une paroi plane n'offre aucun avantage.

La composante suivant Ox de la même pression a pour expression

$$-\Delta\rho_0 \int_0^\pi [h + \rho_0(1 - \cos\varphi)] \cos\varphi d\varphi = -\frac{\Delta\pi\rho_0^2}{2},$$

et soulagera le pivot du poteau tourillon.

En se rappelant qu'un vantail est composé de onze entretoises de $0^m,25$ de diamètre, prenant $\Delta = 1.000^{km}$ et tenant compte de

d'où pour le moment de la pression exercée sur l'arc Am

$$\Delta\rho_0^2 \int_0^\theta [h + \rho_0(1 - \cos\varphi)] \sin(\theta - \varphi) d\varphi$$
$$= \Delta\rho_0^2 \left[(h + \rho_0)(1 - \cos\theta) - \frac{\rho_0}{2} \theta \sin\theta \right].$$

Il vient donc pour le moment fléchissant par rapport à m

$$\mathfrak{M} = -T\rho_0(1 - \cos\theta) - P\rho_0 \sin\theta + \mu$$
$$+ \Delta\rho_0^2 \left[(h + \rho_0)(1 - \cos\theta) - \frac{\rho_0}{2} \theta \sin\theta \right].$$

si l'on pose

$$(1) \quad \begin{cases} X\rho_0^2 = -T\rho_0 + \Delta\rho_0^2(h + \rho_0) + \mu, \\ Y\rho_0^2 = T\rho_0 - \Delta\rho_0^2(h + \rho_0), \\ Z\rho_0^2 = -P\rho_0. \end{cases}$$

On pourra substituer X, Y, Z, aux inconnues T, μ, P et on aura

$$(2) \quad \mathfrak{M} = \rho_0^2 \left(X + Y\cos\theta + Z\sin\theta - \frac{\Delta}{2} \theta \sin\theta \right).$$

Ce moment est indépendant de la situation de l'entretoise par rapport au niveau, ce qui s'explique par des destructions de composantes de pressions élémentaires.

Des équations (B) et (2) on déduit, en désignant par M, N deux constantes arbitraires

$$(3) \quad \begin{cases} -\dfrac{EIu}{\rho_0} = X + \dfrac{Y}{2} \theta \sin\theta - \dfrac{Z}{2} \theta \cos\theta \\ \qquad + \dfrac{\Delta}{8} \theta(\theta\cos\theta - \sin\theta) + M\cos\theta + N\sin\theta. \end{cases}$$

---

la largeur $6^m,50$ du ventail, on a pour la diminution totale de la charge sur le pivot

$$7018^{kg},$$

en supposant que le niveau affleure l'encastrement supérieur de la première entretoise.

d'où

$$(4)\quad \begin{cases} -\dfrac{EI}{\rho_0}\dfrac{du}{d\theta} = \dfrac{Y}{2}(\sin\theta + \theta\cos\theta) - \dfrac{Z}{2}(\cos\theta - \theta\sin\theta) \\ \qquad + \dfrac{\Delta}{8}(\theta\cos\theta - \theta^2\sin\theta - \sin\theta) - M\sin\theta + N\cos\theta. \end{cases}$$

Par suite des encastrements, on doit avoir $u=0$, $\frac{du}{d\theta}=0$ pour $\theta=0$, $\theta=\pi$, d'où les relations

$$(5)\quad \begin{cases} X + M = 0, \\ X + \pi\dfrac{Z}{2} - \dfrac{\Delta}{8}\pi^2 - M = 0, \\ -\dfrac{Z}{2} + N = 0, \\ -\pi\dfrac{Y}{2} + \pi\dfrac{Z}{2} - \dfrac{\Delta}{8}\pi - N = 0. \end{cases}$$

Mais on a aussi $\delta\theta=0$ pour $\theta=\pi$, ou $\int_0^\pi u\,d\theta = 0$, ce qui revient à

$$(6)\qquad \pi X + \pi\frac{Y}{2} + Z - \frac{3}{8}\Delta\pi + 2N = 0,$$

Des équations (5), on déduit les suivantes, par l'élimination de M et de N :

$$(5')\quad \begin{cases} 2X + \pi\dfrac{Z}{2} - \dfrac{\Delta}{8}\pi^2 = 0, \\ (\pi - 1)\dfrac{Z}{2} - \pi\dfrac{Y}{2} - \dfrac{\Delta}{8}\pi = 0. \end{cases}$$

L'équation (6) devient, en y substituant la valeur de N tirée de la troisième des équations (5) et celle de $\pi\frac{Y}{2}$ déduite de la seconde des équations (5')

$$(6')\qquad 2\pi X + (\pi + 3)Z - \Delta\pi = 0.$$

Enfin les équations (5'), (6') conduisent aux valeurs suivantes :

$$(7)\quad \begin{cases} Z = -\dfrac{\Delta\pi\left(\dfrac{\pi^2}{8}-1\right)}{\pi+3-\dfrac{\pi^2}{2}} = -0{,}200\Delta, \\[2ex] X = \dfrac{\Delta\pi^2(\pi-1)}{16\left(\pi+3-\dfrac{\pi^2}{2}\right)} = 0{,}360\Delta, \\[2ex] Y = -\dfrac{\Delta}{8\left(\pi+3-\dfrac{\pi^2}{2}\right)}(\pi^3-2\pi^2-6\pi+14) = -0{,}218\Delta. \end{cases}$$

L'équation (2) devient par suite

$$(8)\quad 10^3\frac{\mathfrak{M}}{\Delta\rho_0^3} = 360 - 218\cos\theta - 200\sin\theta - 500\theta\sin\theta.$$

La constante μ n'étant autre chose que la valeur de $\mathfrak{M}$ pour $\theta = 0$, se trouve par cela même déterminée.

La seconde et la troisième des équations (1) donnent, eu égard aux valeurs (7)

$$(9)\quad \begin{cases} T = \Delta_{\rho_0}(h + 0{,}782\rho_0), \\ P = 0{,}200\Delta\rho_0^2. \end{cases}$$

4. *De l'équarrissage.* — Le second membre de la formule (8) a pour valeurs 142 pour $\theta=0$, -249 pour $\theta=\frac{\pi}{2}$, 578 pour $\theta=\pi$. Il suit de là que la valeur de $-\mathfrak{M}$ atteint, entre $\theta=0$, et $\theta=\pi$, un maximum correspondant à la valeur de θ donné par l'équation

$$282\tang\theta + 500\theta + 200 = 0,$$

ou, en exprimant θ en degrés

$$282\tang\theta + 8{,}728\theta + 200 = 0.$$

Si l'on pose $\theta = 90^\circ + x$, il vient :

$$-282\cot x + 8{,}728x + 985{,}5 = 0;$$

cette équation est satisfaite par $\alpha = 14^\circ{,}5$ à $0^\circ{,}005$ près, d'après la méthode d'approximation de Newton. La valeur

absolue correspondante du second membre de l'équation (8), c'est-à-dire en prenant $\theta = 104^\circ,5$ est 554, ce qui est inférieur au chiffre 578 correspondant à l'angle $\theta = \pi$ qui détermine le point dangereux.

Il suit de là que l'épaisseur e que doit avoir l'entretoise doit être calculée en se basant sur le moment fléchissant

$$\mathfrak{M} = \frac{\Delta \rho_0^3}{10^3} \times 578.$$

Soit Γ l'effort maximum par mètre carré de la section de la pièce que l'on veut faire supporter à la matière; on a $I = \frac{e^3}{12}$ et

$$\Gamma = \frac{\mathfrak{M} e}{2I} = \frac{\Delta \rho_0^3}{10^3 e^2} \times \frac{13872}{4},$$

d'où

$$e = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{\Delta \rho_0^3 \times 13872}{10^3 \Gamma}}.$$

En prenant $\Delta = 1000^k$ pour l'eau, et $\Gamma = 6 \times 10^6$ pour le fer, il vient

$$e = \frac{1}{2}\,\frac{49}{10^3}\,\rho_0^{\frac{3}{2}}.$$

A l'écluse de la Monnaie on a $\rho_0 = 0^m,25$, d'où en exprimant e en millimètres

$$e = 3^{mm},04,$$

au lieu de $e = 7$ millimètres comme cela existe.

Il résulte de là qu'au point de vue où l'on s'est placé, les vantaux de l'écluse offrent une résistance plus considérable que celle qui serait nécessaire en toute sécurité.

CONDITIONS THÉORIQUES

DE

RÉSISTANCE DES FONDS PLATS CIRCULAIRES

DES APPAREILS A VAPEUR

DÉDUITES DU MODE DE RUPTURE D'UN CYLINDRE SÉCHEUR QUI A FAIT EXPLOSION DANS UNE FABRIQUE DU LOIRET.

Par M. O. KELLER, ingénieur en chef des mines.

L'explosion d'un récipient de vapeur, qui s'est produite, le 8 octobre 1885, dans une fabrique de papier ciré sise à Fontenay-sur-Loing (Loiret), tout en n'occasionnant que des dégâts matériels, a présenté des particularités dignes d'attention, au point de vue de la résistance des plateaux en fonte formant les deux extrémités du corps cylindrique. Ces plateaux, qui n'avaient pas loin d'un mètre de diamètre, et dont l'un s'est brisé d'une façon caractéristique, n'étaient renforcés par aucune armature ; ils se trouvaient soumis à la pression de la vapeur dans des conditions assez simples pour qu'on pût songer à y appliquer le calcul.

D'après le rapport de l'ingénieur des mines chargé de l'enquête, l'appareil était construit et fonctionnait de la manière suivante :

Description de l'appareil et des lieux. — Le cylindre

faisait partie d'une machine à enduire et à vernisser les papiers (Pl. VII, *fig.* 13 et 14). L'encollage se pratiquait, en E, à l'extrémité d'une table en fonte chauffée par un serpentin. Le papier encollé, après s'être développé sur cette table, passait sur un rouleau tendeur et des feutres sans fin, qui le conduisaient au vernisseur, puis au cylindre sécheur.

Cet appareil était en fonte et présentait les dimensions suivantes :

Diamètre extérieur.	$1^m,000$
Longueur.	1 ,470
Épaisseur.	0 ,016

Il portait, à $0^m,030$ de chacune de ses extrémités, une nervure de $0^m,020$ d'épaisseur et de $0^m,050$ de large, sur laquelle était fixé, à l'aide de 8 boulons, un plateau en fonte de $0^m,020$ d'épaisseur.

Il reposait horizontalement par deux tourillons creux sur des supports porte-paliers, et recevait, au moyen d'une courroie sans fin, un mouvement de rotation de 2 à 3 tours par minute. D'autre part, il était en communication directe de vapeur avec un générateur installé dans la même salle, à l'aide d'un tuyau de cuivre de 9 mètres de long et de $0^m,025$ de diamètre intérieur, qui passait dans un presse-étoupe. Un tuyau de même calibre, disposé de même à l'autre extrémité, servait d'échappement et de purgeur. Le premier portait 2 robinets A et B, l'un à la sortie de la chaudière, l'autre à l'entrée du cylindre, le second un robinet C.

Le générateur, timbré à 7 kilogrammes, fonctionnait habituellement à $4^k,5$; il fournissait la vapeur pour le chauffage du cylindre sécheur, de la table et de la machine à enduire et actionnait une machine pour la mise en mouvement du cylindre, du tambour et des feutres sans fin.

Le cylindre sécheur ne portait ni timbre indiquant qu'il eût été éprouvé, ni soupape de sûreté.

Le chauffage se pratiquait de la manière suivante. Deux heures environ avant la mise en service de la machine à enduire, le cylindre sécheur était mis en communication avec la chaudière. L'échappement était fermé quelques instants après, dès que l'eau de condensation restée dans le cylindre se trouvait entièrement évacuée. On le rouvrait de temps en temps pour purger l'eau nouvellement condensée. Au bout de deux heures, le cylindre se trouvait dans les conditions normales pour la mise en marche. Un thermomètre en cristal appliqué sur sa surface extérieure, suivant l'axe des génératrices, servait, quoique imparfaitement, de moyen de contrôle. Il devait marquer de 50° à 70°. Pendant la marche, on réglait en conséquence l'ouverture de l'admission et de l'échappement.

Circonstances de l'explosion. — L'explosion s'est produite au moment où le cylindre était prêt à être mis en service, au bout de deux heures environ de chauffage préalable, alors que l'échappement était fermé. Le plateau, du côté de l'échappement, s'est brisé et a été projeté, sans grande violence, contre le mur qui lui faisait face, au pied duquel ont été trouvés les morceaux, au nombre de dix. En assemblant ces morceaux de façon à reconstituer le plateau (Pl. VII, *fig.* 17), on a reconnu l'existence de huit fractures radiales, en général distribuées suivant les bissectrices des angles formés par les rayons aboutissant aux 8 boulons qui réunissaient le plateau à la bride. Ces boulons n'ont pas tous cédé, et la bride a été arrachée au droit de 4 d'entre eux. En outre, une partie du bord du cylindre, comprenant plus du tiers de la circonférence ($1^m,07$ de développement) et $0^m,50$ de longueur suivant les génératrices (Pl. VII, *fig.* 15, 16),

a été arrachée et projetée latéralement en D ; elle portait sa bride intacte avec les trous correspondant à 3 des 8 boulons. Quant au cylindre, il a basculé sur ses paliers pour venir s'abattre contre le support de droite, comme l'indique le dessin. Les feutres sans fin qui faisaient partie de la machine, et les organes de transmission du mouvement ont été fortement endommagés ; les carreaux de la salle brisés. Le chauffeur a eu la présence d'esprit de fermer immédiatement le robinet d'admission A, et a prévenu ainsi les conséquences graves de l'émission de la vapeur du générateur.

Recherche des causes de l'accident. — La rupture du récipient est incontestablement due à ce que cet appareil a été sonmis à une pression de vapeur qu'il était incapable de supporter, et pour laquelle il n'avait pas été construit. En raison de la communication existant avec la chaudière, sans l'interposition d'un vase de détente, la pression pouvait s'élever très vraisemblablement à 4 ou 5 kilogrammes par centimètre carré, soit $4^k,5$.

C'est le défaut de résistance du plateau qui a déterminé l'accident. On doit considérer, en effet, comme une hypothèse entièrement gratuite la version qui a circulé au premier moment, d'après laquelle ce plateau se serait dégagé de sa bride, à l'état intact, après rupture des boulons d'attache et d'une portion du corps cylindrique, et lancé par la vapeur, se serait ensuite brisé en dix morceaux contre le mur de l'atelier. La régularité des principales lignes de rupture du plateau, formant un étoilement, était de nature à attirer tout particulièrement l'attention sur les efforts auxquels cette pièce avait pu être soumise et sur le degré de résistance qu'elle présentait.

La question nous a paru assez intéressante pour motiver une étude.

La résistance à la rupture du cylindre en fonte suivant

une génératrice, calculée par la formule connue, est de $1^k,36$ par millimètre carré pour la pression de vapeur admise. L'effort était donc médiocre, puisque la charge de rupture de la fonte atteint 11 kilogrammes en moyenne par millimètre carré, dans les expériences classiques de Hodgkinson. Nous démontrerons que la fatigue du métal était beaucoup plus grande dans les plateaux que dans le cylindre, de sorte que c'est dans l'un des plateaux que la rupture s'est déclarée. Examinons tout d'abord comment y travaillait le métal.

Analyse du mode de fracture du fond plat. — Chacun des deux plateaux était boulonné sur la bride venue de fonte avec le cylindre, au moyen de huit boulons de 15 millimètres de diamètre, ayant leur axe à 30 milimètres de distance de la paroi intérieure du cylindre. Ces boulons étaient par conséquent disposés sur un cercle de $484 - 30 = 454$ millimètres de rayon; et leur espacement d'axe en axe était de $\frac{2\pi 454}{8}$, soit près de 36 centimètres.

Les plateaux avaient 20 millimètres d'épaisseur. Comme nous l'avons indiqué, ils n'étaient munis d'aucune armature propre à les empêcher de se déformer. La vapeur qui les pressait, et qui tendait à agrandir en tous sens la capacité du vase dans lequel elle était renfermée, leur faisait prendre une forme bombée vers l'extérieur. La figure géométrique qu'ils affectaient alors est régie par une loi très complexe. En effet, un plateau ainsi disposé ne peut être assimilé ni à une plaque circulaire encastrée sur tout son pourtour, ni à une plaque circulaire reposant librement sur son siège. L'encastrement n'avait lieu (et encore, d'une façon assez incomplète) qu'aux huit points d'attache, c'est-à-dire à l'extrémité des quatre diamètres correspondant aux huit boulons. Dans l'intervalle d'un

boulon à l'autre, la plaque tendait à se gondoler, et le jeu qu'elle éprouvait se rapprochait de celui d'une plaque *non encastrée*. Soumise à une forte pression, une semblable plaque prend la forme d'une calotte, et à mesure que la flèche prend plus d'importance, le bord circulaire libre s'écarte davantage du siège.

Une plaque circulaire *encastrée* se déforme tout différemment; elle affecte une surface gauche. Elle présente de l'analogie avec une calotte parabolique dans la partie centrale, mais est courbée en sens contraire sur son pourtour, l'encastrement ayant pour effet d'empêcher le bord de la plaque de suivre la courbure de la région du centre.

Ceci posé, considérons quatre nouveaux diamètres passant par le milieu des intervalles des boulons. On comprend que la fonte éprouvait la plus grande fatigue suivant ces quatre lignes. Si l'on porte son attention sur les forces d'extension que la pression de la vapeur déterminait dans la tranche cylindrique correspondant au cercle de distribution des boulons, on reconnaît que l'effort de traction dans le sens circulaire variait comme il suit dans l'intervalle de deux boulons. Nul aux points d'attache, il croissait, de part et d'autre, progressivement jusqu'au milieu de cet intervalle, et atteignait là un maximum. Il en était de même dans les tranches concentriques voisines. La plaque tendait donc à s'ouvrir suivant les différents rayons tirés de son centre au milieu des intervalles des boulons. Par analogie avec le langage admis en acoustique, dans l'explication des vibrations des plaques sonores, on peut dire que ces rayons comprenaient les *ventres* des tensions élastiques, tandis que les rayons intermédiaires, passant par les boulons, correspondaient aux *nœuds*.

Si l'on jette les yeux sur le dessin qui représente les débris juxtaposés du plateau, on y voit en effet figurées huit fractures rayonnant autour du centre de la plaque.

Sept d'entre elles coupent sensiblement la circonférence à égale distance des boulons, une seule passe par le trou d'un boulon.

Les irrégularités s'expliquent soit par le défaut d'homogénéité de la fonte, soit par l'inégalité du serrage des boulons eux-mêmes. En outre, le cylindre sécheur étant suspendu sur des tourillons horizontaux adaptés au centre de ses deux fonds plats, chacun de ceux-ci supportait dans le sens vertical la moitié du poids de l'appareil. La pesanteur intervenait ainsi dans le phénomène et modifiait la répartition des efforts élastiques; elle concourait à accentuer la courbure du plateau dans sa partie supérieure; et il semble dès lors admissible de rapporter à cette cause la cassure transversale que présentent deux des secteurs du plateau brisé.

Lorsque ce dernier a éclaté, les boulons ont sauté : ils ont arraché des parties de la bride sur une portion de la circonférence de cette pièce; c'était la portion inférieure, étant donnée la position du cylindre sécheur. Dans la portion supérieure, qui supportait la plus grande fatigue, comme nous venons de l'expliquer, et où, dans le plan diamétral vertical, l'arc métallique était le plus fortement tendu et le plus infléchi par le haut, au contact de la nervure du cylindre, c'est un morceau du cylindre lui-même qui a été arraché ; le plateau a fait levier.

Une étude sommaire de la répartition des tensions élastiques dans les parois planes du récipient donne, comme on voit, l'explication complète du mode de fracture de cet appareil.

Nous avons cherché à la confirmer par le calcul.

Calcul de la résistance à la rupture d'une plaque circulaire, soit posée, soit encastrée. — Différents mathématiciens, tels que Lamé et Clapeyron, Poisson, Cauchy, se livrant aux plus hautes spéculations des théories physi-

ques et mathématiques, ont analysé, au moyen du calcul différentiel et intégral, les modifications que l'élasticité est susceptible d'éprouver dans les corps. En particulier, dans une des notes étendues de sa traduction de la *Théorie de l'élasticité des corps solides*, de Clebsch (premier fascicule, 1881), M. Barré de Saint-Venant, ingénieur en chef des ponts et chaussées, membre de l'Institut, a établi l'équation de la flèche que prend une plaque circulaire, d'*épaisseur quelconque*, uniformément sollicitée par une charge, dans les deux cas de la plaque posée par son bord sur un appui circulaire et de la plaque encastrée. Je ferai usage de ces formules qui sont les suivantes :

Plaque posée.

$$(1) \qquad f = \frac{1}{G}\,\frac{189\,qa^2}{5.120\,\pi\varepsilon^3}\left(1 + \frac{11}{7}\,\frac{\varepsilon^2}{a^2}\right).$$

Plaque encastrée.

$$(2) \qquad f' = \frac{1}{G}\,\frac{9\,qa^2}{1.024\,\pi\varepsilon^3}\left(1 + \frac{33}{5}\,\frac{\varepsilon^2}{a^2}\right).$$

f et f' représentent les flèches ; a est le rayon de la plaque entre les appuis ; ε, la moitié de son épaisseur ; q, la charge (égale à $p\pi a^2$, dans le cas dont il s'agit, en désignant par p la pression de la vapeur par unité de surface) ; G, le coefficient d'élasticité de glissement ou de torsion.

Ces expressions des flèches centrales, si l'on y efface le terme en $\frac{\varepsilon^2}{a^2}$, sont exactement conformes, sauf la différence des notations, à celles que Poisson a trouvées en 1828 (*Mémoire sur les corps élastiques*, t. VIII, de l'Académie des sciences), en les déduisant de l'intégration de la célèbre équation de Lagrange, aux différences partielles du quatrième ordre, relative à l'équilibre des plaques minces.

Or, pour le récipient dont nous nous occupons, $\frac{\varepsilon^2}{a^2}$ est très petit, sa valeur est inférieure à $\frac{1}{2000}$; et comme le prouvent les chiffres donnés plus loin, les flèches calculées par les formules de M. de Saint-Venant excèdent très peu celles que donnent les formules de Poisson. Nous pouvons donc, en conservant une approximation suffisante, faire usage de ces dernières, qui nous conduiront à des notions pratiques fort simples.

Écrivons-les comme il suit, pour mieux accuser leur symétrie, en remplaçant Q par sa valeur :

$$f = \frac{21}{5} \times \frac{97}{1.024} \times \frac{pa^4}{G\varepsilon^3}, \tag{3}$$

$$f' = \frac{9}{1.024} \times \frac{pa^4}{G\varepsilon^3}. \tag{4}$$

On en tire la relation : $f' = \frac{5}{21} f$.

D'où il résulte que la flèche est environ quatre fois plus petite sous une pression donnée, pour la plaque encastrée, que pour la plaque posée.

Les flèches étant connues, on peut en déduire les charges de rupture correspondantes par la méthode suivante.

Remarquons que, pour deux barres prismatiques identiques, de longueur $2a$, l'une posée sur deux appuis, l'autre encastrée à ses deux extrémités, soumises à une pression linéaire t également répartie, les formules connues des flèches, que nous désignons par f_1 et f'_1, présentent la plus grande analogie avec les expressions ci-dessus. On a :

$$f_1 = \frac{5ta^4}{24EI} \qquad f'_1 = \frac{ta^4}{24EI}$$

avec la relation $I = \frac{2b\varepsilon^3}{3}$, en désignant par E le module

d'élasticité, par I le moment d'inertie de la section d'encastrement pris par rapport à la ligne des fibres invariables, par b la largeur, et par ε la moitié de la hauteur de la section transversale d'une barre.

Les résistances correspondantes sont connues :

$$R = \frac{ta^2\varepsilon}{2I}, \quad R' = \frac{ta^2\varepsilon}{3I}.$$

Étant donnée l'équation en coordonnées rectangulaires, x, y, de la courbe qu'affecte la barre prismatique, équation qui est du 4e degré, f est la valeur maxima de y, qu'on obtient pour $x = a$. On comprend dès lors que les expresssions (3) et (4) correspondent à des équations analogues de la courbe affectée par chacune des deux plaques considérées, suivant un plan diamétral. Il en résulte qu'au moyen d'une charge uniforme t, convenablement calculée, non seulement on peut donner à la barre posée sur deux appuis une flèche égale à celle de la plaque posée, mais encore que cette barre infléchie affectera la même courbe qu'une section diamétrale de cette plaque. De même, on conçoit qu'avec une pression convenable t', on peut donner à la barre encastrée la même flexion qu'imprime, suivant un diamètre, la pression P de la vapeur à la plaque encastrée. D'ailleurs t et t' seront notablement inférieurs à P; on les calculerait au moyen des équations précédentes en posant $f = f_1$, et $f' = f'_1$.

Ceci posé, considérons en premier lieu une plaque circulaire reposant simplement sur son siège, soumise à la pression de la vapeur et *déformée*. Imaginons qu'on en isole une tranche infiniment mince comprise entre deux plans parallèles menés suivant un diamètre et perpendiculairement à la plaque. Cette tranche n'est autre chose qu'une barre prismatique posée sur deux appuis. Pour qu'elle conserve la même flexion qu'auparavant, il

suffit de lui appliquer une charge t uniformément répartie, moindre que p, et calculée à cet effet.

Comme $f_1 = f$ par hypothèse, on a :

$$\frac{5ta^4}{24EI} = \frac{21}{5} \times \frac{9}{1.024} \times \frac{pa^4}{G\varepsilon^3}.$$

D'où l'on tire :

$$\frac{t}{I} = \frac{21 \times 24 \times 9}{5 \times 5 \times 1.024} \times \frac{Ep}{G\varepsilon^3}.$$

Substituons dans la formule de R, il vient :

$$R = \frac{21 \times 24 \times 9}{5 \times 5 \times 1.024} \times \frac{Ep}{2G} \times \frac{a^2}{\varepsilon^2},$$

ou

$$R = \frac{567}{6.400} \times \frac{Epa^2}{G\varepsilon^2}. \tag{5}$$

Si l'effort R dépasse la limite de résistance à la rupture, l'équilibre est détruit : la tranche se brise en son milieu transversalement à sa longueur, c'est-à-dire suivant un diamètre de la plaque circulaire. Les tranches parallèles voisines, infiniment minces, dont on peut imaginer que la plaque se compose, tendent également à se briser en leur milieu, à la façon d'une pièce posée sur deux appuis, par conséquent suivant le même diamètre. Mais l'effort de rupture s'affaiblit à mesure que la longueur des tranches diminue, ou qu'on s'éloigne du centre pour se rapprocher de l'une des extrémités du diamètre. C'est dans la tranche médiane considérée que l'effort est le plus grand, et par conséquent c'est bien de la valeur R de cet effort que la rupture dépend.

Une fois celle-ci commencée, la déformation de la plaque augmente immédiatement; la résistance des fibres aux forces élastiques auxquelles elles sont soumises, étant dépassée, une section diamétrale quelconque de la plaque prend une courbure de plus en plus prononcée, et à mesure que la flèche s'accroît, la déchirure de la

fonte se prolonge en ligne droite, de part et d'autre du point initial.

— Faisons le même raisonnement pour la plaque circulaire encastrée.

Les équations des flèches donnent, en posant $f_1' = f'$, la valeur de la charge artificielle t', qui nous permet d'isoler une tranche médiane :

$$\frac{t'}{1} = \frac{24 \times 9}{1.024} \times \frac{Ep}{Ge^3}.$$

En substituant dans la formule de R', on obtient :

$$R' = \frac{9}{128} \times \frac{Epa^2}{Ge^2}. \tag{6}$$

La tranche médiane supporte encore l'effort maximum ; mais la rupture tend à se produire dans la section d'encastrement. Le même effet ayant lieu pour une tranche comprenant un diamètre quelconque, la rupture s'opère sur la circonférence entière formant le bord de l'encastrement, dès que R' dépasse la limite de résistance du métal.

— En comparant les valeurs de R et de R' données par les formules (5) et (6), on reconnaît que :

$$R' = \frac{50}{63} R,$$

ou bien, à peu de chose près :

$$R' = \frac{5}{6} R.$$

tandis que, pour une barre prismatique, le rapport des résistances exercées dans les deux cas est égal à $\frac{2}{3}$.

L'encastrement de la plaque a donc pour effet de réduire la fatigue du métal d'environ un sixième, alors que, pour une pièce prismatique, la réduction est d'un tiers.

Quant aux flèches, grâce à l'encastrement, elles s'abaissent respectivement à $\frac{1}{4}$ environ et à $\frac{1}{6}$.

Application des formules. — Appliquons maintenant au cylindre sécheur les formules trouvées, en faisant usage des données suivantes :

$p = 0^{kg},045$ par millimètre carré,
$a = 500 - 16 - 30 = 454$ millim. (*distance du centre aux boulons*).
$\varepsilon = 10^{mm}$.

Pour une fonte de 2e fusion, qui est plus résistante généralement qu'une fonte de 1re fusion, nous prendrons comme valeur du module d'élasticité : E = 12.000 kilog. par millimètre carré.

Quant au coefficient de torsion ou de glissement, G, Navier en a fixé la valeur à $\frac{2}{5}$ E, d'après certaines considérations théoriques ; mais il a lui-même reconnu que les expériences conduisaient à une fraction moindre.

Clebsch a démontré, d'une façon ingénieuse, qu'il existe entre les deux coefficients d'élasticité la relation théorique suivante :

$$G = \frac{E}{2(1+\eta)},$$

en désignant par η la fraction linéaire de l'extension dont se contracte un parallélipipède ayant ses faces latérales libres et ses bases soumises à une traction ; et que, par suite, dans la généralité des cas, c'est-à-dire pour tous les corps dont le volume augmente par la traction, G n'est pas plus grand que la moitié ni plus petit que le tiers du module d'élasticité E.

De toute façon, il faut recourir à des expériences pour déterminer soit η, soit directement G.

Il n'en existe pas, à notre connaissance, qui aient été exécutées sur la fonte. Mais, d'après les essais, rapportés par Navier dans son *Résumé des leçons données à l'École des ponts et chaussées*, qu'ont faits Duleau sur la résistance à la torsion du fer forgé, et Savart sur celle des fils d'acier fondu, on aurait pour la valeur moyenne de

G, par millimètre carré de section, les chiffres suivants :

Fer rond	6.612^{kg}	Acier	6.273^{kg}
Fer carré. . . .	5.511	Id.	5.490

Comme la valeur moyenne de E, déduite de nombreuses expériences, est de 20.000 kilogrammes par millimètre carré pour le fer en barres, et un peu moindre pour l'acier ordinaire, G ne semble pas excéder $\frac{1}{3}$ E pour ces métaux.

Nous adopterons le même rapport pour la fonte, et prendrons G = 4.000 kilogrammes.

Les flèches calculées par les formules (3) et (4) sont les suivantes :

Plaque posée . . . . . $f = 17^{mm},64$
Id. encastrée . . . . . $f' = 4\ ,20$

Les formules complètes (1) et (2), concernant les plaques d'épaisseur quelconque, donnent des valeurs très légèrement supérieures, savoir :

Plaque posée . . . . . $f = 17,64 \times 1,00076 = 17^{mm},653$
Id. encastrée . . . $f' = 4,20 \times 1,00320 = 4\ ,213$

La différence est assez faible pour légitimer l'emploi des premières dans la pratique.

L'effort de rupture se calcule aisément au moyen de l'équation (5) ou de l'équation (6). On trouve :

Plaque posée . . . . . R = 24^{kg},65
Id. encastrée . . . . . R' = 19 ,56

La fonte ne résiste pas à de pareils efforts. Il suit de là que le plateau du récipient ne pouvait être soumis à une pression de vapeur de 4^{k},5 par centimètre carré sans voler en éclats, et que la pression sous laquelle l'explosion s'est produite était vraisemblablement moindre.

Comme on obtient la valeur la plus élevée de R en assimilant le fond plat à une plaque simplement posée, et qu'effectivement l'encastrement n'existait pas, ou qu'il était du moins très incomplet, pour ainsi dire intermittent, en raison du nombre insuffisant des boulons d'attache, on voit que la rupture devait se produire *diamétralement* et non suivant le bord circulaire.

D'après M. Michel Lévy, ingénieur en chef des mines, rapporteur auprès de la commission centrale des machines à vapeur, on peut affirmer dès à présent que les fonds plats, encastrés à leur périphérie, se déchirent à l'encastrement ; la commission centrale a relevé ce genre d'avarie dans un grand nombre d'accidents. La rupture suivant des plans diamétraux constitue un cas particulier, intéressant, qu'explique notre théorie.

L'expérience, si l'on désigne sous ce nom l'explosion du cylindre sécheur de Fontenay-sur-Loing, confirme donc de la façon la plus complète les résultats tirés des formules mathématiques. Ces formules semblent dès lors mériter confiance et pouvoir servir aux constructeurs à calculer l'épaisseur des fonds plats des appareils à vapeur.

Épaisseur à donner aux plaques circulaires. — Les formules (5) et (6) permettent de calculer aisément les épaisseurs des plaques, étant entendu qu'on devra prendre pour R, non pas la limite de résistance du métal, mais la valeur désignée sous le nom d'*effort d'une grande sécurité en pratique.* Cette précaution est indispensable, car tous les calculs de résistance des pièces élastiques sont fondés sur les deux principes de la proportionnalité de la force d'extension à l'allongement, et de l'égalité de résistance à la traction et à la compression, principes qui ne sont plus applicables quand la pièce est sur le point de se rompre, notamment pour la fonte, dont la résistance à

l'extension est très inférieure à la résistance à la compression.

Dans le cas d'une plaque encastrée, l'épaisseur e, double de ε, est donnée par l'équation (6), qui devient, en adoptant pour G la valeur $\frac{E}{3}$,

$$R = \frac{27}{32} p \frac{a^2}{e^2}.$$

D'où l'on tire :

$$e = 0{,}918 a \sqrt{\frac{p}{R}}. \tag{7}$$

Pour une plaque non encastrée, le calcul donne, de même, la valeur suivante :

$$e = 1{,}039 a \sqrt{\frac{p}{R}}. \tag{8}$$

Dans un mémoire, inséré dans la 2e livraison des *Annales des mines* de 1870, M. Résal a traité d'une façon approfondie le problème des fonds plats ou bombés des chaudières cylindriques, par des procédés de calcul absolument différents. Pour les fonds plats en tôle, liés à un corps cylindrique, il a confirmé les résultats auxquels Lamé était arrivé en partant d'autres considérations.

Sa formule, pour l'établissement de laquelle les conditions pratiques de la liaison ne sont pas précisées, n'est autre que $e = a \sqrt{\frac{p}{R}}$, en employant nos propres notations.

— Désignons maintenant par e_1 l'épaisseur du corps cylindrique du récipient, dont le rayon A égale le rayon a de la plaque augmenté de la distance de la paroi interne du cylindre aux boulons. On a la formule connue :

$$e_1 = A \frac{p}{R}.$$

En éliminant $\frac{p}{R}$ entre cette équation et l'équation (7), cette dernière devient

$$e = 0{,}918 a \sqrt{\frac{e_1}{A}}. \tag{9}$$

Telle est la relation qui doit exister entre l'épaisseur du fond plat et celle du cylindre, pour que ces pièces, étant de même métal, offrent la même résistance.

Dans le cas où, par suite du mode de construction, $A = a$, l'égalité précédente devient

$$e = 0{,}918 \sqrt{a e_1}.$$

Elle ne diffère de celle qu'a trouvée Lamé, pour le même cas, que par l'existence d'un coefficient numérique, égal à 0,918 dans l'hypothèse où $G = \frac{1}{3} E$, et en tout cas égal à $\sqrt{\frac{9E}{32G}}$. Ce coefficient, plus ou moins voisin de l'unité, présente l'avantage de tenir compte de la qualité du métal, dont il semble bien devoir dépendre à un certain degré.

Appliquée au cylindre sécheur, la formule (9) conduit à une épaisseur de 76 millimètres pour les fonds plats, en l'absence d'armatures.

Conclusion. — La théorie précédente démontre qu'il y a un réel avantage à encastrer les parois latérales planes des cylindres à vapeur. Cet encastrement peut être réalisé soit en multipliant les boulons qui relient le plateau avec sa bride, soit en interposant entre la tête des boulons et le plateau lui-même une rondelle métallique ayant la même surface que la bride adhérente au cylindre.

Il importe, en outre, au plus au degré, de renforcer les

fonds par des armatures, en particulier par des nervures régulièrement distribuées suivant un certain nombre de diamètres. On assure ainsi leur rigidité, comme on le fait habituellement pour les barres prismatiques, en leur donnant la forme d'un T.

L'explosion de Fontenay-sur-Loing montre, une fois de plus, que les constructeurs doivent employer des dispositions spéciales pour mettre obstacle aux très dangereuses déformations que la pression de la vapeur tend à produire, chaque fois que les fonds plats présentent un grand diamètre.

NOTE
SUR UNE EXPLOSION DE CHAUDIÈRE
SURVENUE LE 7 OCTOBRE 1886
A LA FILATURE PELLOT ET Cie
A SOLRE-LE-CHATEAU (NORD

Extrait du Rapport de M. l'Ingénieur des mines Chesneau.

Le 7 octobre 1886, à midi et demie, l'un des bouilleurs du générateur de la filature Pellot et Cie, à Solre-le-Château (Nord), fit explosion en tuant le chauffeur. Ce générateur était du type horizontal ordinaire à deux bouilleurs et à trois bouilleurs réchauffeurs, d'une capacité totale de 25m3,860.

Déjà fort ancien, il avait été l'objet d'une réinstallation récente et essayé avec succès, le 27 février 1884, pour être timbré à 6 kilogrammes.

La chaudière était munie des appareils réglementaires exigés par le décret du 30 avril 1880, savoir : deux soupapes, un clapet de retenue, un tube de niveau d'eau, un indicateur magnétique et un manomètre Bourdon placé près du niveau d'eau. En outre, un manomètre Naudin enregistreur, inscrivant à chaque instant la pression de la vapeur sur une feuille enroulée sur un cylindre animé d'un mouvement de rotation, se trouvait placé dans le cabinet du directeur contigu au bâtiment de la chaudière.

La veille de l'explosion, le 6 octobre, l'appareil, qui était en chômage depuis trois jours, avait été visité avec soin intérieurement et extérieurement; au moment de la mise en feu, le même jour, à 7 heures du soir, le générateur était en parfait état et tous les appareils de sûreté fonctionnaient bien.

Comme les carneaux venaient d'être nettoyés à grande eau à la lance et que la cheminée était froide, le tirage se faisait avec difficulté et la pression se maintenait toujours au-dessous de 5 kilogrammes; à cinq reprises différentes, à partir de 7 heures du matin, la machine avait même manqué de vapeur et le travail dans l'usine avait dû être arrêté.

Pour maintenir plus facilement la pression dans sa chaudière, le chauffeur eut la malencontreuse idée de diminuer le volume d'eau envoyé par la pompe alimentaire, en fermant à moitié l'un des robinets placés sur le tube amenant l'eau du condenseur à la chaudière; mais, sans que le chauffeur s'en doutât, le robinet était complètement fermé dans la position où il l'avait mis. Dans ces conditions, l'eau de la chaudière fut évaporée à siccité, et la tôle de coup de feu du premier bouilleur qui fut mis à sec ayant fortement rougi, se déchira sur une longueur de $1^{m},80$. La chaudière étant presque entièrement vidée, les dégâts matériels furent insignifiants; les parois d'avant et d'arrière du massif de maçonnerie furent seules démolies, et la chaudière ne subit pas de déplacement bien appréciable. Le chauffeur, qui était placé devant le foyer, fut brûlé mortellement par le jet de vapeur.

La *fig.* 18 de la Pl. VII, qui reproduit le diagramme du manomètre enregistreur, montre d'une façon très nette que l'explosion s'est produite exactement à la pression de cinq kilogrammes, c'est-à-dire à une pression ne dépassant pas celle du timbre. D'après ce diagramme, on

voit bien que la quantité d'eau de la chaudière a été constamment en diminuant, au moins à partir de 10 heures du matin (heure à laquelle le chauffeur a probablement fermé le robinet d'alimentation); car, à chaque arrêt de la machine et à chaque remise en marche, les variations de pression sont de plus en plus rapides, ce qui tient à ce que la consommation de vapeur prend une importance de plus en plus grande par rapport à la masse d'eau décroissante de la chaudière (d'où résultent des chutes de pression de plus en plus rapides aux remises en marche), et que la chaleur constante du foyer est appliquée à une quantité d'eau qui va toujours en diminuant (d'où résulte une réélévation brusque de pression chaque fois que la machine est arrêtée).

Le chauffeur n'a évidemment pas suivi attentivement la marche de l'eau dans le tube indicateur en verre; mais il a pu croire, jusqu'au dernier moment, que la chaudière contenait de l'eau, parce que la vapeur, qui se condensait par refroidissement dans le tube en verre, était arrivée à former une colonne d'eau, tenue en équilibre par la pression de la vapeur. Quelques minutes avant l'accident, le directeur était passé devant la chaudière et avait constaté que l'eau apparaissait dans le tube et oscillait avec rapidité; on a d'ailleurs retrouvé de l'eau dans le tube en cuivre du niveau d'eau brusquement replié pendant l'explosion.

Mais le fait le plus intéressant que révèle cette explosion, c'est que lorsqu'une tôle est portée au rouge, il n'est pas nécessaire que la pression dans le générateur s'élève au-dessus du chiffre normal (5 kilogr. dans le cas présent) pour amener la déchirure de cette tôle. On est souvent tenté de croire que la rupture de la tôle rougie est produite par un phénomène de caléfaction, à la suite d'une alimentation brusque amenant de l'eau froide sur une paroi portée au rouge, qui se résout subitement en va-

peur au moment où la tôle s'est assez refroidie pour permettre son contact avec l'eau. Dans l'accident de Solre-le-Château, le diagramme du manomètre enregistreur prouve jusqu'à l'évidence que la tôle portée au rouge s'est déchirée brusquement sans élévation anormale de pression, et que la seule cause de cette rupture est la diminution de cohésion du métal, lorsqu'il est porté au rouge. On peut conclure de ce fait que l'emploi des soupapes à grande évacuation, comme la soupape Barbe, n'est pas un préservatif aussi efficace qu'on pourrait le croire contre les explosions provenant du rougissement des tôles, puisque la chaudière de Solre-le-Château n'aurait pas échappé à l'explosion si elle avait été munie d'un appareil de ce genre, réglé pour une pression même égale à celle du timbre.

NOTE

SUR

LA GÉOLOGIE ET SUR L'INDUSTRIE MINIÈRE

DU

ROYAUME DE PÉRAK ET DES PAYS VOISINS

(PRESQU'ILE DE MALACCA)

Par M. J. DE MORGAN, ingénieur civil des mines.

Pendant un voyage d'environ huit mois dans le royaume de Pérak (*) et quelques-uns des pays voisins j'ai été à même de recueillir sur la géologie et l'industrie minière de ces contrées, un grand nombre de renseignements qui, bien qu'incomplets, ne sont pas moins d'un grand intérêt, aujourd'hui que l'exploitation des gisements d'étain de la péninsule a pris une extension considérable.

Je diviserai ce travail en deux parties, l'une purement scientifique, comprenant le résultat de mes études géologiques dans le pays ; l'autre contenant uniquement des renseignements sur l'exploitation des mines, la métallurgie, la main-d'œuvre dans le royaume de Pérak, ainsi qu'un exposé général de la situation des industries minières dans la presqu'île de Malacca.

Mais avant d'entrer dans des considérations géologiques, il est utile de donner un aperçu de la géographie de cette partie du globe, qui n'est connue encore que d'une façon très imparfaite.

(*) *Pérak*, prononcez *Péra*.

Ire PARTIE

ÉTUDE GÉOLOGIQUE

Aperçu géographique.

Le royaume de Pérak, l'un des plus importants de la péninsule malaise, est situé sur le versant occidental de cette presqu'île (voir la petite carte, Pl. VIII); il comprend : le bassin du fleuve Pérak et un bassin côtier connu sous le nom de district de Larout. Ses limites sont environ lat. N. 5° 30′ et 3° 5′, long. E. (mérid. Greenwich) 101° 40′ et 100° 35′. Il est bordé au nord par les royaumes de Kédah et de Patani, à l'est par ceux de Kélantan et de Pahang, et au sud par celui de Sélangore.

Le fleuve Pérak, qui l'arrose, sort des montagnes situées entre Patani et Kédah (lat. N. 6°) et, coulant sensiblement du nord au sud, il vient se jeter à la mer (lat. N. 4°) en face des Poulao (îles) Sembilan, après avoir reçu de nombreux affluents.

Les principales chaînes de montagnes du pays (*) sont :

Ie La chaîne du Gounong (montagne, pic) Krbou, qui se divise en deux parties :

1° La portion septentrionale dirigée sensiblement N. 30° W. et dont les principaux pics sont : G. Krbou (2.354 mètres), G. Riam (1.954), G. Yang Yop (environ 2.400), G. Djélignam (environ 2.400).

2° La portion méridionale dirigée N.-S. environ et dont

(*) Pour plus de facilité, je désignerai toujours les massifs montagneux par le nom d'un des pics les plus élevés, les Malais ne donnant pas de noms spéciaux aux chaînes de montagnes; ils ne désignent que les pics.

Mesures de longueur (variables suivant les régions).

Kaki (pied)	environ	0m,30
Esta		0m,36
Depa		1m,82

Mesure de surface.

Orlong . . . . . 53 ares 82 centiares.

Mesure usitée pour le cubage des terres.

Tchi-tché ou tao-tché (mesure chinoise),
$9^m,10 \times 9^m,10 \times 0^m,36 = 29^{mc},811$.

Observations géologiques.

Singapour, *Poulao Pinang*, *Poulao Dingdings*, *Province Wellesley*. — En abordant à Singapour on est frappé de la variété de couleurs des roches qui bordent le rivage; les unes sont jaunes d'or, les autres rouges ou vertes, la plupart teintée par de l'oxyde de fer. Ce sont des grès et des quartzites stratifiés, dont les couches ont été très relevées et qui reposent sur des schistes bruns ou rougeâtres.

Dans l'intérieur de l'île, je n'ai rencontré que des quartzites bruns et des schistes anciens. Ces formations, dont se composent toutes les collines, sont recouvertes d'alluvions presque récentes, dans lesquelles se trouvent en abondance des fragments de limonite brune ou rouge.

Les calcaires semblent faire absolument défaut dans l'île de Singapour, si j'en juge par la grande rareté des mollusques terrestres vivants. On sait, en effet, que ces animaux, très abondants dans les pays calcaires, font presque totalement défaut dans les régions granitiques. schisteuses ou quartzeuses.

Poulao Pinang, les Dingdings et la province Wellesley sont dépourvus de roches sédimentaires, ou du moins je

n'y ai pas constaté la présence de roches de cette nature. Les collines y sont formées de beaux granites rouges, roses ou gris, et les plaines, qui sont aujourd'hui couvertes de riches cultures, sont composées d'alluvions presque modernes recouverte d'une épaisse couche d'humus.

L'horizontalité presque parfaite des côtes de la presqu'île permet aux estuaires de s'étendre indéfiniment; les *bakaos* (*) reçoivent des limons à chaque marée, et grâce au beau temps continuel de ces parages, ne sont jamais ravinés par les vagues, de sorte que sur bien des points la côte avance d'année en année.

Royaume de Pérak. — Lorsque partant de Poulao Pinang, on aborde à Pérak, c'est à Telok Kartang qu'on touche la terre ferme. Ce petit port, situé sur la rivière de Larout, est bâti au milieu d'un pays plat formé par d'anciens *bakaos*. Thaïping, la capitale industrielle du pays, est construit au pied d'un massif montagneux dont le Gounong Idjao (montagne jaune) est le pic principal. Ce massif est formé de granites à feldspath orthose renfermant du mica blanc, du mica noir et de longues aiguilles de tourmaline (**). Ces roches sont très variables de texture et de composition : certaines sont presque absolument dépourvues de mica, tandis que d'autres, uniquement composées de quartz, de biotite et de tourmaline, se rapprochent beaucoup de la tourmanilite. Dans le royaume de Pérak et principalement aux environs de Thaïping, le granite passe très fréquemment à des granulites dont les grains sont d'une extrême finesse et qui ne renferment que fort peu de mica (blanc).

Dans les régions tropicales, les roches granitiques sont

(*) Les bakaos sont des terrains plats, situés au-dessous du niveau des hautes mers et couverts de végétation.

(**) J'ai mesuré, sur un bloc de granite du G. Idjao, un cristal de tourmaline de 12 centimètres de longueur.

très violemment attaquées par les agents atmosphériques, c'est un fait que j'ai remarqué dans l'Hindoustan, et qu'on retrouve dans la presqu'île malaise. La surface des blocs est profondément désagrégée, les roches s'arrondissent, et peu à peu la végétation couvre toutes les montagnes. Dans leur décomposition rapide, les granites ont donné naissance à des sables qui, entraînés par les pluies, sont venus former les vastes plaines de Kourao, Larout, etc.

C'est dans ces alluvions, au pied du G. Hidjao, que se sont formés les riches gisements d'étain auxquels Thaïping doit son origine. Grâce à la grande étendue des vallées de Larout, les couches stannifères présentent dans ce district une très grande régularité. La base de ces gîtes est formée d'une argile grise ou blanchâtre très fine et presque entièrement composée de kaolin ; quelques morceaux auguleux de quartz sont mélangés à cette pâte, dont l'épaisseur est jusqu'ici restée inconnue. Cette couche est nommée « *kong* » par les mineurs chinois ; elle est absolument stérile et forme la base des exploitations minières. Au-dessus du *kong* sont les couches d'alluvions sableuses qui renferment l'étain ; les divers lits, pauvres et riches, se succèdent sans régularité absolue.

Le minerai d'étain se trouve réparti, suivant de grandes lentilles, qui généralement reposent sur le *kong ;* mais qui parfois aussi sont situées à peu de distance de la surface. La cassitérite de Pérak est remarquable par sa grande pureté : elle est blonde ou brune, suivant les cas, et presque toujours ces deux qualités de minerai sont mélangées en proportions variables (*).

Les alluvions sont recouvertes d'une couche plus ou moins épaisse d'humus.

(*) Les proportions varient entre un tiers à un demi de cassitérite blonde et un demi à deux tiers de cassitérite brune.

Les exploitations chinoises de Larout sont extrêmement considérables : elles fournissent presque la moitié de la production totale de l'étain dans le royaume de Pérak.

Le bassin côtier de Larout est tout entier composé d'alluvions de cette nature et de *bakaos*.

Entre Thaïping et Kouala-Kangsar (*) se trouve une grand chaîne granitique qui a soulevé les terrains sédimentaires, mais sur le versant occidental je n'ai pas rencontré d'affleurements de ces couches. A l'est du col par lequel passe la route joignant ces deux localités, sont quelques affleurements de schistes grossiers et plus loin un énorme pointement calcaire, le G. Pondok, formé de marbres blancs ou gris, très durs et ne présentant que des stratifications très indécises. Après avoir dépassé cette montagne on suit jusqu'à Kouala-Kangsar le faîte d'une colline, dont il ne m'a pas été permis de voir la formation, mais que je crois composée de schistes.

Le fleuve Pérak, qui se trouve bordé à droite et à gauche par de grandes chaînes montagneuses, coule au milieu de granites et de schistes très micacés. Les deux soulèvements granitiques qui l'entourent semblent s'être formés dans des conditions absolument identiques ; le massif occidental se termine au sud par les montagnes des Dingdings. Celui de l'est disparaît sous les schistes et les alluvions, au sud de Blandja. C'est cette dernière chaîne qui forme la ligne de partage des eaux entre le bassin proprement dit du fleuve Pérak et celui de son affluent la rivière Kinta.

La partie basse des vallées de Pérak et de Kinta est formée d'épaisses alluvions qui ont pris une horizontalité parfaite, grâce aux inondations périodiques auxquelles ce pays est soumis.

(*) Capitale politique du royaume de Pérak.

Le bassin de la rivière Kinta (voir la carte, Pl. VIII, et la coupe *fig.* 1; Pl. IX) est limité à l'est par un immense massif montagneux qui forme la ligne de partage des eaux de la péninsule. A l'ouest les hauteurs sont moins considérables. Toutes les rivières qui descendent de la grande chaîne roulent de l'étain dans leur lit, quelques-unes renferment même de l'or (Batang Padang). Les principaux centres miniers de cette région sont : Gôping, les environ d'Ipoh et Pappan (*). Les deux premières localités sont situées dans les contreforts du massif du G. Krbou, la troisième au pied de la chaîne secondaire qui sépare le bassin de la Kinta de celui du fleuve Pérak; Gôping occupe le fond d'une large cuvette formée par les ruisseaux qui descendent des contreforts du G. Tchabang.

Dans les mines chinoises de Gôping (*fig.* 4, Pl. IX), je n'ai jamais rencontré les roches en place; mais d'après les témoins remaniés qui se rencontrent dans les alluvions, j'ai constaté la présence de granites, granulites, serpentines, diorite, porphyre, gneiss, schistes bruns, probablement très anciens, et schistes verdâtres. Les calcaires font défaut. Les alluvions sont grisâtres comme celles de Thaïping, mais elles sont beaucoup moins régulières que dans cette derrière localité. Le *kong* y existe aussi et présente partout la même nature, tandis que les lits sableux sont extrêmement variables. Les grains de cassitérite se rencontrent en lentilles de dimensions très variables : les unes atteignent 40 à 50 mètres de longueur sur 8 et 10 de largeur et $1^m,50$ à $2^m,50$ d'épaisseur maxima, tandis que d'autres sont beaucoup plus petites (10 à 12 mètres de longueur, 3 à 6 de largeur et $0^m,25$ à $0^m,75$ d'épaisseur). La richesse de

(*) Les districts de S. Batang Padang et de S. Tedja sont aussi très riches en étain, mais je ne les ai pas visités.

ces lentilles est aussi variable que leur étendue; certaines terres riches renferment 10 et même 15 kilogr. d'étain par tonne, tandis que d'autres n'en contiennent que 2 ou 3.

A Gôping, comme à Thaïping, les minerais une fois lavés sont très purs, ils renferment environ 50 p. 100 de cassitérite blonde; mais ils ne sont pas tous aussi fins que ceux du bassin de Larout; on rencontre en effet dans les mines de Gôping de gros fragments de cassitérite (*). Les morceaux un peu considérables portent presque tous les restes des épontes micacées du filon dans lequel les cristaux de cassitérite se sont formés (**), mais ces gros échantillons sont rares. Les cristaux qu'on rencontre parfois dans ces mines renferment en égales proportions les minerais bruns et blonds. A Gôping, l'épaisseur des alluvions stannifères est extrêmement variable; les couches riches atteignent très rarement $2^{m},50$ dans leur plus grande puissance et les couches stériles varient entre 3 et 5 mètres d'épaisseur. Depuis 15 ans environ les mines de Gôping sont exploitées par les Chinois avec beaucoup d'activité; de toute la vallée de Kinta, c'est cette localité qui a jusqu'ici fourni le meilleur produit.

A l'est de Gôping est la riche vallée de Kampar, que les mineurs commencent à envahir et qui semble destinée à un grand avenir.

Entre Gôping et Ipoh sont les mines de Sanglop, Klian (***) Lalang, Allao Lintang, etc., qui doivent leur richesse aux mêmes sources que Gôping et Kampar; les ruisseaux qui les traversent descendent du G. Tchabang.

(*) On a trouvé des blocs de cassitérite pesant plus de 40 kilogrammes.

(**) J'ai rapporté de Gôping et donné à l'École des mines de Paris un échantillon de minerai portant encore l'une des épontes.

(***) *Klian*, mine.

Les alluvions de Sanglop sont très peu épaisses, mais elles sont très riches. Le *kong* y fait généralement défaut et les couches de minerai reposent directement sur des schistes redressés. Les gîtes se présentent là, comme ailleurs, sous forme de longues lentilles dont la largeur atteint rarement 10 mètres, mais dont la longueur est parfois de 200 mètres. Leur position dans les alluvions est très variable : parfois elles reposent sur les roches elles-mêmes, d'autres fois elles sont à 1 mètre de la surface. Dans tous les cas elles présentent cette particularité, que leurs contacts avec les couches voisines ne sont pas nettement tranchés, comme on le voit à Thaïping et à Gôping. Il n'en existe pas de stériles ; les couches peu riches sont rejetées, mais elles renferment toutes de l'étain.

Jadis, à l'époque où les Siamois étaint suzerains de Pérak, la vallée de Klian Lalang a été l'objet de travaux importants dont on retrouve les traces dans la forêt; mais ces travaux n'ont porté que sur des lentilles du surface : l'abondance des eaux empêchait les ouvriers de dépasser une profondeur de $1^{m},50$ à 2 mètres.

Entre Gôping et Ipoh sont de nombreux affleurements calcaires qui forment des collines à parois blanches verticales; au sud de Gôping, dans le bas de la vallée de Kampar, on voit aussi des collines de même nature. Ces calcaires-marbres sont en tout semblables à ceux du G. Pondok, ils sont traversés par un important cours d'eau, le S. Raya, qui descend du G. Tchabang. Campong (*) Kapayang est, au sud, la dernière localité où les calcaires se rencontrent sur le cours de la rivière.

Ipoh, le plus grand centre malais de la vallée de Kinta, est situé au sud d'un massif de collines calcaires analogue à celui de C. Kapayang. Ce village renferme plusieurs fonderies alimentées par les mines du voisi-

(*) *Campong*, village.

nage. La rivière Kinta est, au nord d'Ipoh, d'une navigation difficile, surtout pendant la saison sèche (février-septembre).

En sortant d'Ipoh pour descendre la vallée de Kinta en longeant le pied des montagnes de l'ouest, on gravit d'abord quelques monticules formés par les alluvions et on entre dans une jungle basse et marécageuse en suivant un sentier qui conduit à de petites mines malaises, dans lesquelles les alluvions de la surface sont activement exploitées.

Toute la région comprise entre la rivière Kinta et les montagnes du massif Mirou est couverte de travaux de ce genre. Elle se compose d'alluvions très argileuses recouvrant des calcaires qui affleurent sur beaucoup de points et qu'on trouve au fond de tous les travaux de mines. Ces calcaires sont gris ou blancs, très durs, et ne présentent pas la moindre trace de stratification. Les alluvions, dont l'épaisseur est extrêmement variable, se composent de sables fins et de couches argileuses grisâtres ; l'étain s'y rencontre parfois à la surface, parfois au fond, reposant sur les calcaires.

En avançant un peu dans la montagne, on trouve les granites et les granulites dont la décomposition a produit les alluvions dont je viens de parler.

J'ai fait, dans cette partie du pays, où j'ai passé un mois et demi, une coupe transversale de la vallée de Kinta, partant du pied des montagnes pour aller jusqu'auprès de la rivière, et voici les résultats auxquels je suis arrivé par 17 sondages dont les plus profonds atteignirent 15 mètres de profondeur (V. la coupe *fig.* 1, Pl. IX) :

1. Granulite très fine, et granites à tourmaline. Ces roches sont coupées par des veines de quartz et de larges filons de diorite ; elles constituent le massif montagneux.

2. Schistes bruns très grossiers, dont j'ai obtenu quelques

fragments dans un sondage et qu'on retrouve en morceaux dans les alluvions.

3. Schistes bleuâtres très fins, avec veines de quartz intercalées dans les lits.

4. Calcaires-marbres, gris ou blancs.

5. Argile bleue très compacte et très fine, formée principalement de kaolin mélangé avec des débris de schistes et des morceaux de quartz.

6. Alluvions composées de lits alternants sableux et argileux, dans lesquels se trouvent quelques lentilles de minerai d'étain.

7. Alluvions très modernes produites par la rivière et renfermant des ossements et des coquilles qui se trouvent encore dans le pays à l'état vivant.

8. Humus noir très épais en certains points et presque nul ailleurs, parfois riche en étain.

Les mines de ce pays sont généralement pauvres, comme d'ailleurs toutes celles où les couches exploitées se trouvent non pas dans les alluvions anciennes, mais dans l'humus ou les dépôts très récents.

En avançant vers le sud, on arrive à la mine de Lahat, siège de l'exploitation de la « Compagnie des mines d'étain de Pérak ». La vallée de Lahat, large d'un kilomètre à son ouverture, est formée par la réunion de deux vallons qui descendent du massif montagneux du G. Mirou. Ces deux vallons sont courts et étroits : celui du nord, qui était, dit-on, très riche, a été exploité jadis par les Malais et peut-être même par les Siamois ; celui du sud, qui est un peu plus large, n'a jamais été l'objet de travaux ; il semble ne pas renfermer d'étain. C'est à l'ouverture de ces vallons que les premiers travaux ont été faits. La partie large de la vallée semble être beaucoup plus riche que les vallons, les lentilles riches y sont plus étendues, mais aussi elles sont bien plus profondes. C'est pour cette unique raison qu'elle n'ont pas été autrefois exploitées par les indigènes.

Les alluvions de Lahat sont analogues à celles de Larout et de Thaïping. Le *kong* couvre les roches an-

ciennes sur une grande partie de la vallée, mais il cesse dans la partie basse et est remplacé par les calcaires sur lesquels se trouvent les couches à étain (*fig.* 6, Pl. IX). L'épaisseur des couches à Lahat est très variable; elle augmente à mesure qu'on descend dans la vallée, atteint son maximum (10 à 12 mètres) vers le milieu et diminue lorsqu'on avance vers la rivière de Kinta. A moitié chemin environ, entre Lahat et la rivière, on rencontre des affleurements calcaires qui forment le prolongement de ceux dont j'ai parlé plus haut, et que l'on peut voir sur la route de Penkalan (*) Pégou à Lahat.

Les minerais de Lahat sont très fins, mais aussi très purs, ils renferment une bonne proportion de cassitérite blanche.

Dans l'intérieur du massif montagneux qui s'élève au nord-ouest de Lahat, sont de petits vallons dans lesquels les mineurs chinois sont venus se fixer. L'un d'eux, celui du S. Doran, semble être d'une grande richesse, mais les difficultés des transports sont telles que les mines sont peu importantes. Près de la source du S. Doran, on voit un bel affleurement de granite à gros éléments; on en retrouve encore un autre, un peu plus loin, en dessous d'une mine chinoise. Les alluvions exploitées à Klian Doran reposent sur le granite décomposé, elles sont peu épaisses et varient de 1 à 3 mètres. Le minerai s'y rencontre à l'état de longues bandes qui parfois reposent directement sur le granite, mais fréquemment se trouvent presque à la surface.

En partant de Lahat pour se rendre à Pappan (**), on traverse plusieurs vallons de peu d'importance, dans lesquels se trouvent des mines chinoises et malaises.

(*) *Penkalan*, gué auprès duquel est bâti un village.

(**) *Pappan*, planche; village ainsi nommé parce qu'autrefois on y fabriquait des planches.

La première, celle d'Ayer Daounsang, est peu riche, tandis que celle d'Allao Lintang présente beaucoup plus d'intérêt. La roche du fond n'y est pas visible, les travaux s'arrêtent au *kong*, qui se trouve à environ 4 mètres de profondeur. Les alluvions d'Allao Lintang sont uniquement composées de produits de la décomposition des roches cristallines. Les minerais y sont en grains dont la taille atteint souvent celle d'une grosse noisette. Ces grains sont composés de cassitérite blonde ou brune.

En sortant d'Allao Lintang on arrive au vallon de Tronong, embranchement de la vallée de Campong Monilé. Dans ce vallon, les alluvions sont extrêmement épaisses (15 mètres) et renferment deux couches de minerais; la première, située à la surface, est exploitée par les Malais; la seconde, à $13^m,50$ de profondeur est inexploitable. Ces couches sont très argileuses; quelques bancs de sable et de cailloux séparent les lits plus compacts, l'ensemble est gris bleuté (*).

Les mines de Kampong Monilé présentent un grand intérêt au point de vue scientifique. Les Malais y exploitent des granulites décomposées riches en étain. La roche, très friable, est parfaitement en place, ainsi qu'on peut s'en assurer par la présence de veines quartzeuses qui la recoupent en tout sens (*fig.* 5, Pl. IX). L'humus recouvre une partie du coteau et repose sur une très légère couche d'alluvions, superposée elle-même à des elvans décomposés. Les Malais exploitent la partie friable et laissent dans la mine les blocs trop durs pour qu'ils puissent les attaquer à la pioche. L'épaisseur exploitée varie entre 1 et 5 mètres et les terres lavées contiennent de 3 à 5/1000 d'étain métallique.

(*) Dans le vallong de Tronong, j'ai reconnu la position des couches stannifères à l'aide de trois sondages de 15 mètres de profondeur.

Des veines de quartz coupent la roche désagrégée et s'arrêtent aux alluvions, de sorte qu'il est évident que ces gites stannifères sont bien d'origine éruptive et qu'ils n'ont pas subi de modifications depuis leur venue. Ce fait est extrêmement important au point de vue de la géologie dans la presqu'île malaise; il prouve que les alluvions d'étain doivent leur origine à deux causes bien différentes : 1° à la présence d'elvans stannifères; 2° à l'existence de filons qui, jusqu'ici, n'ont pas été rencontrés, mais dont les débris nous prouvent l'existence.

En descendant la vallée de Klian Monilé, on rencontre sur une assez grande longueur des affleurements de schistes bleuâtres analogues à ceux dont j'ai parlé au sujet de mes sondages entre Lahat et Ipoh. Ces schistes sont très redressés; il m'a été impossible d'y rencontrer la moindre trace de fossiles.

Dans la forêt, entre la rivière Kinta et l'ouverture de la vallée Monilé, j'ai rencontré de nombreux affleurements calcaires, qui forment le prolongement de ceux de Lahat, mais ils sont beaucoup plus éloignés des montagnes que dans le haut de la Kinta. On en rencontre même, à Penkalan Katcha, dont les pointes se dressent au milieu de la rivière.

Après avoir franchi les vallons de Monilé, on traverse une petite mine malaise de peu d'importance et on arrive à Pappan.

La vallée de Pappan, beaucoup plus large que celle de Lahat, présente, à peu de chose près, les mêmes caractères que cette dernière. Elle est formée par la réunion d'un grand nombre de ravins qui descendent des montagnes Hidjao et Danglop et présente à son ouverture une largeur d'environ 2 kilomètres. Les alluvions y sont de même nature qu'à Lahat; profondes dans la partie voisine de l'ouverture des ravins, elles vont en diminuant d'épaisseur jusqu'à C. Tatsir, où les calcaires affleurent.

Un grand nombre de mines ont été créées dans les ravins comme dans la partie large de la vallée. Les unes sont des exploitations indigènes (malaises ou chinoises), parmi lesquelles la plus importante est celle du radja Bila; les autres appartiennent à la Société anglaise et se trouvent un peu au-dessous des exploitations indigènes. Les gîtes d'étain du nord de Pappan sont très profonds et très riches, ils reposent sur des argiles bleuâtres (*kong*) dont l'épaisseur est inconnue. Ceux qui sont exploités par les Européens se sont, au contraire, déposés sur des calcaires dont ils remplissent les interstices.

La coupe des travaux de la Compagnie anglaise (*fig.* 2 et 3, Pl. IX) présente une série d'alternances sableuses et argileuses, au milieu desquelles sont trois lits de végétaux couchés, qui, par la taille énorme des arbres qu'ils renferment, ne sont pas de nature à favoriser l'exploitation. Les alluvions reposent, comme à Lahat, sur des formations calcaires; l'étain s'y trouve en lentilles disséminées dans la marne ou dans les cavités laissées entre les blocs calcaires. Les minerais du fond sont souvent d'une grande richesse; quand à ceux de la surface, ils sont ordinairement très pauvres et ne supportent pas les frais d'extraction.

Je n'ai pas eu le temps d'étudier en grands détails les environs de Pappan, mais tout me porte à croire que la coupe de cette vallée serait très peu différente de celle de Lahat. En effet, on rencontre les calcaires depuis les travaux de la Compagnie anglaise jusqu'à Campong Tatsir, au delà desquels ils disparaissent sous les alluvions de la vallée de Kinta.

Dans les montagnes qui se trouvent au nord et à l'est de Pappan, j'ai rencontré des granites, des pegmatites et des granulites. Il est donc fort probable que les affleurements des schistes se trouvent au niveau des mines chinoises et de l'exploitation du radja Bila.

Voyage d'exploration dans l'intérieur de la presqu'île. — Chargé par le gouvernement anglais de Pérak de dresser une carte topographique de la haute vallée du S. Kinta, de celle du S. Pluss, du S. Piah, ainsi que de la grande chaîne de partage des eaux de la péninsule, j'ai parcouru pendant deux mois ces intéressantes régions où aucun Européen n'avait encore pénétré. J'en ai rapporté d'intéressants documents au point de vue de la géologie de la presqu'île malaise. Je donne mes observations suivant l'ordre chronologique où elles ont été faites (V. la carte, Pl. VIII).

17 juillet 1884. — De Penkalan Bahrou (*) à C. Kapayang. Je suis le cours du S. Raya qui traverse des alluvions anciennes analogues à celles de Lahat et de Pappan.

18 juillet. — Campong Kapayang. Ce village est situé au sud d'un énorme massif calcaire ; il est à la limite de navigation des grosses pirogues. Plusieurs fonderies chinoises et malaises traitent les minerais d'étain des environs.

19 juillet. —Ascension du G. Lano (**), grande montagne calcaire (alt. 461 mètres), d'où je puis prendre des angles sur tous les sommets voisins. Le G. Lano se compose de calcaires-marbres blancs ou grisâtres; il est terminé presque verticalement de tous les côtés. A sa base sont de vastes cavernes tapissées de stalactites.

20 juillet. — Levé du cours du S. Raya, de C. Kapayang au G. Añgnous (***). La rivière coule au milieu des alluvions ; çà et là quelques affleurements de marbres produisent des rapides et des cascades. A droite et à gauche

(*) Le gué neuf.
(**) *Lano* dans la langue des négritos signifie « forêt sauvage ».
(***) Ainsi nommé à cause du S. Añgnous ou Añgnat, rivière chaude qui prend sa source près du pied de cette montagne.

sont des collines calcaires, moins élevées que le G. Lano, mais de même formation. Dans les vallons situés entre ces collines sont de petites mines malaises, dont les produits sont envoyés à la fonderie de Tandjong (*) Rincong, petit hameau situé à la limite extrême de la navigation pour les petites barques.

21 juillet. — C. Kapayang à Klian Djouang. Le sentier traverse le massif calcaire en passant au pied du G. Lano et du G. Téroundam, grande colline taillée absolument à pic et qui forme la limite des marbres. Au delà de cette colline je traverse le S. Añgnat, ruisseau dont l'eau présente une température d'environ 50°, tandis que la température ambiante n'est que de 28° à 11 heures du matin. Ce petit cours d'eau prend sa source près d'une mine d'étain malaise, que les exploitants ont dû abandonner à cause de l'abondance des eaux.

Non loin du S. Angñat est un affleurement de schistes verdâtres très redressés vers le N.-E. A 1000 mètres environ de cet affleurement, je rencontre les schistes grossiers bruns présentant une inclinaison de 60° N.-E. environ. Le S. Sindjou, affluent du S. Raya, coule au milieu des schistes au point où il est coupé par le sentier. Il roule des roches cristallines de toute nature.

Klian Djouang, situé sur le S. Djouang, affluent du S. Lou, qui lui-même jette ses eaux dans le S. Sindjou, est au milieu d'un massif schisteux très ancien. Je remonte, en le relevant, le S. Lou jusqu'à la montagne, où les cascades sans nombre me permettent de reconnaître d'énormes filons quartzeux, porphyriques et des épanchements de diorite.

22 juillet. — Levé du cours des S. Lou et Sindjou. De Campong Djouang à C. Kouala Dalam, ces ruisseaux traversent successivement les schistes anciens, un pointe-

(*) *Tandjong*, coude de rivière, cap.

ment granitique, de nouveau les schistes anciens, les schistes verts et enfin les calcaires près du confluent du S. Sindjou et du S. Raya.

Ces granites sont gris ou roses. Ils renferment du mica noir et sont à texture très grossière. De fréquentes veines quartzeuses recoupent en tous sens les schistes anciens et les schistes verts. Les calcaires-marbres, analogues à ceux du G. Lano, ne présentent pas la moindre trace de stratification. Au contact, entre les granites et les schistes grossiers, est une source chaude (temp. 44°,8 centig.) qui sort à quelques mètres seulement du lit du S. Sindjou (*); et à laquelle les indigènes attachent des vertus médicales.

Près de Campong Kouala Dalam sont plusieurs mines malaises, dont quelques-unes (**), dit-on, sont fort riches.

23 juillet. — Du G. Añgnous à Klian Djouang suivant le cours du S. Raya. En remontant le S. Raya pour en relever le cours, je rencontre, depuis le G. Añgnous jusqu'au G. Piah, une série de collines calcaires séparées par des alluvions. Les marbres affleurent sur beaucoup de points dans le lit même de la rivière.

Au pied du G. Piah est une mine d'étain exploitée par des Chinois; dans cette localité, les alluvions stannifères reposent directement sur les schistes grossiers bruns.

Entre Klian Piah et le S. Gapis, affluent du S. Raya, je rencontre des granites analogues à ceux du S. Sindjou.

A Kouala S. Gapis, sont d'anciens travaux de mines aujourd'hui abandonnés à cause de la difficulté des transports. Klian Gapis est situé sur les schistes grossiers, et la même formation se retrouve en affleurements sur le sentier qui conduit de cette dernière localité à Kl. Djouang.

(*) Lors de mon passage, la température ambiante était de 27°,5, celle des eaux du S. Sindjou de 23°.

(**) Klian Latö Baouang.

24 juillet. — Klian Djouang (altit. 187 mètres). La mine est aujourd'hui peu exploitée. La difficulté des transports (*) a forcé les Malais à négliger leurs travaux. Les alluvions exploitées sont situées dans un ravin au-dessus du village Djouang : elles sont d'une extrême richesse (25 à 30 kilogrammes d'étain par tonnes de terre) et leur forte inclinaison jointe à la faible épaisseur des stériles (terres riches 1 mètre à $1^m,50$, terres pauvres $0^m,80$ à 1 mètre) permettrait une exploitation des plus rémunératrices si les transports n'étaient si coûteux. Les minerais de Kl. Djouang sont en général très gros et peu roulés. Ils proviennent de filons.

25 juillet. — De Klian Djouang à Kouala S. Kandis. Tout le massif montagneux que je traverse dans cette journée est composé de granites présentant de nombreuses variétés. Les blocs roulés qui encombrent le lit des rivières, me permettent de reconnaître l'existence de gneiss et de quartzites dans les parties les plus élevées du pays.

26-27 juillet. — Sommet du G. Tchabang (1677 mètres). De Kouala S. Kandis jusqu'au sommet de la montagne je n'ai pas vu une seule fois les roches en place, tant la végétation est dense sur ces parties élevées du pays. Mais pendant mon séjour sur le sommet de ce pic, j'ai pu étudier d'une façon générale la configuration du pays tout entier, car la vue s'étendait à plus de 300 kilomètres de tous côtés.

28, 29 et 30 juillet. — En descendant du G. Tchabang je passe ces trois journées à relever le cours du S. Raya, entre Kouala Kandis et Kouala Gapis; tout ce massif est formé de roches cristallines.

31 juillet. — De Klian-Djouang à Ipoh. Après avoir

(*) Les transports de l'étain provenant des mines Piah, Gapis, Djouang, etc., ne peuvent être faits qu'à dos d'éléphant.

traversé les schistes du S. Sindjou, les calcaires du G. Añgnous, le sentier s'engage dans la grande vallée de Kinta, composée d'alluvions anciennes. Quelques mines chinoises sont ouvertes au bord de la vallée, mais elles n'ont jusqu'ici donné aucun résultat. Les alluvions exploitées sont des lentilles de surface.

1er août. — Ipoh, Gounong Tchōra. Ipoh, dont j'ai parlé plus haut, est l'un des villages les plus importants de Kinta. Il est situé à la limite de navigation des grosses pirogues et joue sur la partie haute de la rivière le même rôle que C. Kapayang sur la rivière Raya. Tous les minerais et les étains de la haute vallée passent par Ipoh, où ils sont apportés à dos d'éléphant.

Ipoh se trouve situé sur les formations calcaires, mais ces roches n'affleurent que plus au nord, près du G. Tchōra. Le G. Tchōra se présente dans les mêmes conditions que le G. Lano. Il se compose de calcaires-marbres blancs, gris ou roses, sans stratification apparente, et terminé par des parois verticales. Ces falaises sont percées de vastes cavernes tapissées de stalactites. La plus grande d'entre elles a environ 90 ou 100 mètres de longueur sur 50 à 60 de largeur et 60 ou 70 de hauteur; elle s'ouvre au jour par une large baie qui permet à la lumière de l'envahir en entier. La seconde caverne, située au nord de la précédente, se compose de deux galeries étroites (4 mètres environ), dont l'une est longue de 100 à 150 mètres et l'autre beaucoup plus courte (25 à 30 mètres); ces deux galeries se réunissent dans une vaste salle elliptique de 30 à 35 mètres de hauteur. La troisième caverne, située au fond de la précédente, n'est qu'une longue galerie (150 mètres environ) qui se termine en pointe.

Le fond de ces cavernes est rempli d'alluvions sableuses remplies de débris d'animaux et de minéraux de toute nature. J'y ai rencontré :

Ossements : oiseaux, cerf, rhinocéros, éléphant, etc. ; mollusques (*) : *Cyclophorus malayanus* Benson ; *Cycl. semisulcatus* Sowerby : *Hybocystis elephas* de Morgan ; *Melania* (diverses espèces), *Amphydromus* (diverses espèces) ; minéraux : quartz (blanc, rose, gris) ; granite (et variétés) ; gneiss ; schistes (bruns très grossiers, bleus, verts) ; cassitérite (en gros fragments provenant de filons) ; fer oligiste ; hématite rouge (en rognons).

2 août. — Ipoh à Klian Kindin. Le sentier traverse les alluvions de la vallée de Kinta jusqu'aux environs de Campong Kapayang (**), point où les calcaires affleurent ; de ce village, grâce aux défrichements malais, on peut embrasser d'un coup d'œil tout le massif calcaire du G. Tchōra. Ces collines sont peu élevées (100 à 150 mètres au plus), elles sont bordées de falaises blanches et couronnées d'une végétation très pauvre. De nombreuses cavernes percent en tout sens ces blocs de marbre. Les affleurements calcaires se continuent encore sur une distance de plusieurs kilomètres, puis sont remplacés par des schistes grossiers, noirâtres, dont les couches sont visibles non loin du S. Kinta.

Le S. Kindin, dont l'embouchure est située à la limite des schistes coule dans les granites.

3 août. — La mine de Kindin est la plus éloignée de toutes les exploitations d'étain de la vallée de Kinta, elle occupe environ 150 ouvriers chinois. Les couches exploitées sont à une profondeur d'environ $2^m,50$. Lors de mon passage, deux lentilles riches avaient été découvertes, l'une de $2^m,25$ d'épaisseur maxima, l'autre de $1^m,45$. La teneur des terres riches variait entre 1 p. 100 à 4 p. 100,

(*) Tous ces mollusques vivent encore dans le pays. Voyez *Bull. Soc. zool. de France*, 1885, p. 352, *Moll. terr. et fluv. du royaume de Pérak et pays voisins*, par J. de Morgan.

(**) Ce village, qu'il ne faut pas confondre avec C. Kapayang du S. Raya, est situé à la limite de la navigation sur le S. Kinta.

d'après les lavages que j'ai faits moi-même. Le minerai est généralement très fin, il renferme cependant parfois de gros cristaux à peine roulés.

Avant que les Chinois soient venus se fixer à Klian Kindin, les Malais avaient ouvert de vastes chantiers qui, dit-on, avaient été très rémunérateurs. L'eau nécessaire au lavage des minerais était amenée par un aqueduc formé d'écorces d'arbres soutenue par une série de perches verticales de 6 à 7 mètres de hauteur. La longueur de cette construction dépassait 200 à 250 mètres. Un orage l'a détruite en partie.

Le S. Kindin sort de montagnes granitiques situées au nord et traverse un immense amas de kaolin, dont j'ai reconnu l'existence sur plus de 200 mètres de longueur ; quand à son épaisseur, il ne m'a pas été permis de la reconnaître. Ce gisement de kaolin est traversé par des veines de quartz dont la présence prouve clairement qu'il occupe la place des granites qui lui ont donné naissance. Au-dessous de ce gîte est un énorme filon de diorite (dirigé environ N. 3° E.) qui maintient les argiles et les empêche de crouler dans la vallée.

4 août. — Klian Kindin à Lōbou (*) Kéla. A la sortie de Kl. Kindin je rencontre un affleurement schisteux, puis, à cause de l'intensité de la végétation, il m'est impossible de voir les roches en place. A Lōbou Kéla, je trouve les granites à gros éléments passant à la pegmatite.

5 août. — Lōbou Kéla à Tchangkat (**) Riam. Tous les ravins sont remplis de blocs granitiques.

6 août. — De Tchangkat Riam (794 mètres), au sommet du G. Riam (1.964 mètres). Au sommet du pic sont des affleurements considérables de gneiss jaunâtre, tandis

(*) *Lōbou*, bassin situé au bas d'une cascade.

(**) *Tchangkat* signifie en malais colline et par extension village sakaye construit sur une hauteur.

qu'à la base les ravins montrent des granites gris ou roses, à mica noir et formés de gros éléments.

7 août. — Du sommet du G. Riam à celui du G. Krbou (2.354 mètres). Le G. Krbou est composé de quartzites reposant directement sur des gneiss dont les affleurements sont visibles près du point le plus élevé. Les mousses épaisses qui couvrent le sol au-dessus de 1.800 mètres d'altitude rendent très difficiles les études géologiques.

Deux pics semblent être plus élevés que le G. Krbou, le G. Djelignam et le G. Yang Yop, mais leur altitude ne dépasse certainement pas 2.500 mètres.

8 août. — Du sommet du G. Krbou, au pied (N.-E.) de la montagne (1.459 mètres).

Le S. Krbou, qui tombe de la grande montagne (alt. de sa source, 2.250 mètres), traverse successivement des gneiss et des quartzites très fins, jaunes et jaunâtres. Les formations granitiques ne se retrouvent qu'à la base du pic.

9, 10 et 11 août. — Tch. Krbou (1.214 mètres). Ce hameau sakaye est situé sur une colline granitique au pied du G. Sokiah, montagne dont le sommet est couronné de gneiss, de quartzites et de schistes noirâtres très grossiers.

12 août. — De Tch. Krbou à Tch. Göchan (1.119 mètres). Cette partie du chemin se fait tout entière dans un pays granitique, mais les blocs roulés qui encombrent les torrents prouvent que les montagnes au pied desquelles nous passons sont composées des mêmes roches que le G. Sokiah.

13 août. — De Tch. Göchan à Tch. Tchâno (961 mètres). Au confluent du S. Sakièh et du S. Pinoum est un affleurement de granulite à texture très fine.

Le G. Tchâno (1.049 mètres), que traverse le sentier, est composé des mêmes roches que le G. Sokiah : gneiss, quartzites et schistes anciens.

14 août. — De Tch. Tchâno à Tch. Tchabang (675 mètres). Jusqu'à Tch. Kledeï le sentier traverse une région granitique. Dans cette dernière localité se trouve un affleurement de gneiss et immédiatement après les schistes grossiers. Les quartzites semblent faire défaut dans la partie basse du pays.

15, 16 et 17 août. — Tchanghat Tchabang (*). Ce village est situé au milieu des schistes bruns soulevés par une éruption granitique qui a formé les collines du sud. A quelques kilomètres des maisons sakayes est une source chaude qui jaillit d'un rocher granitique non loin de l'affleurement des schistes. Les eaux, dont la température est peu élevée (35 à 40°) sont très incrustantes.

19 août. — De Tch. Tchabang à C. Lassa (82 mètres). De Tch. Tchabang jusqu'à son confluent le S. Krbou coule dans des schistes bleus ou verts à texture très fine, très redressés et reposant sur des schistes brunâtres très grossiers.

Entre Kouala (**) Krbou et Campong Lassa, le S. Plüss traverse d'épaisses alluvions au milieu desquelles on rencontre parfois des pointements schisteux.

19 à 26 août. — Campong Lassa est situé au milieu d'une vaste vallée d'alluvions traversée par le S. Tchiah. Les collines (G. Tchéhèl) situées à l'ouest de ce village sont formées de granites gris à deux micas et à gros éléments. Ces roches ont soulevé les schistes grossiers dont les affleurements sont visibles au pied des hauteurs.

Une petite mine d'étain, a été ouverte par les Malais dans un ravin traversé par le S. Salaï; les alluvions y sont très irrégulières, mais d'une grande richesse. J'apprends que sur la partie supérieure du cours du S. Plüss sont

---

(*) *Tchangkat Gounong Tchabang*, village de la montagne fourchue.

(**) *Kouala*, confluent.

de riches gisements d'or qui se présentent sous forme de placers; les pépites y sont mélangées aux grains de cassitérite.

27 août. — De C. Lassa aux sources du S. Tchiah. La partie inférieure du cours de la rivière traverse d'épaisses alluvions. A environ quatre heures de marche de C. Lassa se trouvent deux sources chaudes dont les eaux sont légèrement alcalines. Plus loin, les schistes affleurent (schistes grossiers et schistes verts); ils ont été, comme à C. Lassa, soulevés par les granites. Non loin du contact est une autre source chaude dont les eaux sont à une température d'environ 35° et sont sulfureuses.

28 août. — Du S. Tchiah à Tch. Pöngörâ. La chaîne de collines qui sépare le bassin du S. Plüss de celui du S. Piah est formée par une éruption granitique qui a relevé et traversé les schistes; on trouve en effet les couches sédimentaires sur les deux versants de ces hauteurs.

Un des affluents du S. Piah, le S. Brtam, roule de l'or dans son lit; j'apprends des Sömangs, aborigènes habitant ces régions, que tous les cours d'eau qui descendent du G. Yang Yop charrient des sables aurifères.

29 août. — De Tch. Pöngörâ à Djéram (*) Pâ. Le S. Piah traverse une région entièrement formée de schistes bruns ou brunâtres très tourmentés et recoupés en tous sens par des filons de quartz, de diorite et de phorphyre. Les collines situées à droite et à gauche de la rivière sont granitiques.

En examinant les fragments de roches roulés du lit de la rivière, je trouve des granites, leptynites, granulites, gneiss, schistes de plusieurs natures, quarzites fins et quarzites grossiers, quartz et cristaux d'étain très roulés.

30 août. — De Djéram Pâ à Tch. Léyong (C. Lano). La

(*) *Djéram*, rapide, cascade.

cascade Pâ est formée par une large filon de porphyre qui traverse les schistes perpendiculairement au cours de la rivière. Un peu en-dessus de Tch. Léyong est une autre cascade très importante, formée par une large éruption de protogine vert clair. Le reste du pays est formé de schistes grossiers.

31 août. — De Tch. Léyong à Campong Kouala Dalla. Le village Léyong, qui est situé sur les schistes bruns dans le bassin du S. Plüss, est séparé du bassin proprement dit du fleuve Pérak par une petite chaîne de hauteurs granitiques ; de l'autre côté de ces collines on retrouve les affleurements de schistes anciens dans les ravins Mañhŏ et Lampam. Un peu plus loin, sur les S. Klo et Lapari, les roches qui affleurent sont des schistes ardoisiers bleus, très fins, appartenant très probablement à la même formation que les schistes verts de la Kinta.

Le village Kouala Dalla, situé à la frontière du royaume de Pérak et de celui de Patani, est construit sur des granites roses à gros éléments.

1er septembre. — De Campong Kouala Dalla au S. Depah. Près de cette dernière rivière est un affleurement de schistes verdâtres très fins. Le reste du pays est couvert d'une végétation si dense qu'il est impossible de voir la roche en place. Cependant, en examinant les blocs descendus des montagnes, je trouve des granites, des granulites, des quartzites et des schistes grossiers noirâtres.

2 septembre. — Du S. Depah à Campong Padang. — Le S. Depah descend d'un massif montagneux qui forme la chaîne bordant le grand plateau de Rhaman. Ces hauteurs (Boukit Naxa, B. Popoulot) sont formées de quartzites reposant sur des gneiss. La roche est d'un beau jaune d'or, très fine et nettement stratifiée. Sa tendance à la schistosité s'accuse surtout dans certains

lits plus tendres et qui se délitent à l'air. Les couches sont assez fortement inclinées vers l'ouest.

Au delà de B. Popoulot, le pays est formé d'alluvions très argileuses, jaunâtres.

3 septembre. — C. Padang (*). Le S. Köndörong, qui passe à C. Padang, descend des montagnes de l'ouest. Il roule dans son lit des roches de toute nature, granites, porphyre, diorite, protogine, gneiss, schistes bruns, schistes ardoisiers bleus et violets, quartzites, calcaires, etc., ce qui indique que les montagnes du royaume de Patani sont composées des mêmes formations que celles de Pérak.

Pendant mon séjour à C. Padang, je recueille sur la partie haute de la vallée de Pérak une série de documents intéressants ; les Malais m'apprennent que les rivières Señgho et Tömañgho, qui toutes deux descendent du massif de G. Yang Yop, roulent de l'or et de la galène argentifère, que dans cette région les calcaires existent, bien qu'ils soient très rares, et que les Siamois ont jadis exploité l'étain dans la vallée du S. Könarong, mais qu'aujourd'hui les travaux ont été abandonnés à cause des difficultés de transport.

4 septembre. — De C. Padang à C. Körney. Entre ces deux localités, s'étend une vaste plaine d'alluvions au milieu de laquelle s'élève un massif granitique de peu d'importance.

5 septembre. — De C. Körney à C. Telok Kouning (**). C. Körney est situé au pied de collines granitiques ; le S. Rhoui, qui descend de ces montagnes et traverse le village, continue son cours jusqu'au S. Pérak, au travers des alluvions.

6 septembre. — De C. Telok Kouning à C. Kouala

(*) *C. Padang*, village des rizières.
(**) *C. Telok Kouning*, village de la baie jaune.

Dalla. Le fleuve Pérak, dont je descends le cours en radeau, traverse un massif granitique qui, en face de B. Popoulot, est recouvert de gneiss sur une faible étendue.

7 septembre. — De C. Kouala Dalla à C. Kinnering. En descendant le fleuve, je trouve les mêmes formations que celles que j'avais traversées le 31 août. Les schistes très redressés affleurent sur les berges du fleuve. Non loin des affleurements schisteux est une large éruption de protogine qui forme un long rapide, le Djéram Pandjang. L'embouchure de la rivière Piah se trouve au milieu des schistes grossiers qui disparaissent vers le sud pour reparaître aux environs de Campong Kinnering. Entre ces deux affleurements est une colline calcaire Boukit Batou Lôné, composée de marbres stratifiés et divisés en lits alternants blancs et gris (Coupe *fig.* 7, Pl. IX). Ces calcaires reposent sur des schistes ardoisiers verdâtres, qui eux-mêmes sont placés en stratification concordante au-dessus des schistes brunâtres grossiers.

Le 14 septembre je terminais mon voyage d'exploration dans l'intérieur de la presqu'île.

Géologie générale.

La géologie du royaume de Pérak n'avait jamais été étudiée, même d'une façon sommaire ; en arrivant dans ce pays, je trouvai donc un champ tout nouveau d'études. Quelques ingénieurs de mines avaient, il est vrai, fait sur cette région des travaux incomplets, mais aucun d'eux n'avait étudié d'une manière scientifique cet intéressant pays. Je pouvais donc considérer comme entièrement à faire l'étude de la géologie dans la presqu'île malaise.

L'étude de la géologie des pays intertropicaux est toujours très difficile et demande de la part de celui qui

s'y adonne une extrême patience; le sol est en effet couvert d'une végétation très dense qui cache aux regards les affleurements des couches, et sous cette végétation une couche épaisse d'humus produite par la décomposition des plantes recouvre les roches, même sur les pentes les plus escarpées et vient encore contribuer à rendre les observations plus difficiles.

J'ai cité toutes les observtions que j'ai pu faire dans le royaume de Pérak; c'est d'après ces données que j'ai cherché à tracer les grandes lignes de la géologie du pays.

Série éruptive. — La série des roches éruptives est extrêmement complexe dans la presqu'île et je n'ai pas la prétention de citer toutes les variétés de roches cristallines qui s'y rencontrent. Je me contenterai donc de parler de celles qu'il m'a été donné d'observer.

Granite. — Les granites proprement dits sont assez abondants dans le royaume de Pérak. Je les ai rencontrés dans le massif de G. Hidjao, de Thaïping, dans celui de G. Mirou et dans la grande chaîne de partage des eaux (G. Krbou, G. Tchabang). Ils présentent de gros cristaux d'orthose blanc ou couleur de chair; ce n'est que très rarement que ces cristaux sont grisâtres. Le mica s'y rencontre sous ses deux variétés, muscovite et biotite, mais le mica blanc est beaucoup plus commun que l'autre.

Je n'ai rencontré de granites à éléments très fins que dans une seule localité, dans un ravin près des mines de S. Doran. Cette variété paraît donc être beaucoup plus rare que le granite proprement dit; elle renferme uniquement du mica noir et en proportion très faible.

Ces deux types de granites renferment très souvent des cristaux de tourmaline qui parfois atteignent des dimensions considérables.

Granulite. — Très fréquente dans le massif montagneux du G. Krbou, elle présente toujours des éléments très petits et passe souvent à la microgranulite, qui, moins commune que le type à gros éléments, se trouve à l'état de galets dans le S. Kouâ, le S. Piah et le S. Pari.

Elvan. — Cette roche, qui renferme l'étain disséminé dans sa masse, est exploité à C. Monilé; c'est d'ailleurs la seule localité où je l'aie rencontrée, mais je suis porté à croire, par comparaison des minerais de C. Monilé avec ceux de diverses mines d'alluvions, que cette roche est fréquente dans le massif montagneux du G. Krbou.

Pegmatite. — Cette roche est assez rare dans la presqu'île. Je l'ai rencontrée à Poulao-Pinang et à Campong Telok Kouning, dans Patani; elle présente dans ces deux localités un allongement très marqué dans sa texture.

Leptynite. — Je n'ai rencontré les leptynites qu'en un seul point, au confluent du S. Kouâ et du S. Krbou, et encore était-ce un fragment roulé. La roche est à texture très fine, le quartz y était à peine visible.

Diorite. — Cette roche se rencontre en filons parfois fort épais (S. Kindin, S. Piah). Je l'ai fréquemment observée en place et plus souvent encore à l'état de galets roulés; elle est généralement noirâtre ou vert sombre, et renferme accidentellement des grains de quartz et de la pyrite de fer.

Porphyre. — Cette roche est relativement abondante dans le pays; on la rencontre en filons et en épanchements parfois fort épais; aux points où je l'ai observée, elle offre un grand nombre de variétés, parmi lesquelles le porphyre rouge antique.

Quartz. — Les filons de quartz sont très nombreux dans le royaume de Pérak; parfois même ils sont très puissants (S. Gapis). Ils se présentent toujours sous forme de quartz laiteux, blanchâtre ou jaunâtre, renfermant des

géodes dont quelques-unes sont colorées. J'ai rencontré des galets d'améthyste dans certains ruisseaux.

Kaolin. — La décomposition des granites a produit sur certains points (S. Kindin) des amas considérables de kaolin. Les Malais d'ailleurs connaissent très bien cette matière dont ils se servent parfois pour remplacer le savon.

Calcite. — Je n'ai observé qu'un seul filon de calcite, au G. Tchéhèl. Il semble que cette matière soit assez rare dans le pays.

Filons métallifères.

Étain. — On n'a pas jusqu'ici observé de filons d'étain en place; mais d'après la nature des fragments de minerais qu'on rencontre dans les mines, il est bien aisé de conclure à l'existence de filons de cassitérite dans les montagnes d'où sont descendues ces alluvions. J'ai rapporté de Pérak un morceau de filon renfermant des cristaux de cassitérite de la grosseur du pouce, pris dans une gangue quartzeuse d'un blanc laiteux et fixée à un fragment d'éponte micacée, en tout semblable à celle de la Villeder. Cet échantillon provient donc d'un filon.

Dans les mines de Tchandériang et de Kampar, on rencontre sans cesse de gros fragments de cassitérite enveloppée dans une gangue quartzeuse. J'en ai trouvé moi-même à S. Kampar, à Allao Lintang et dans les alluvions des grottes de G. Tchōra, près d'Ipoh. Parfois les débris de filons atteignent des proportions considérables; on en connaît de 40 et de 50 kilogrammes dans lesquels les épontes ne sont pas visibles. Les cristaux de cassitérite sont pris dans une pâte quartzeuse et se composent à peu près également de cassitérite blonde et de cassitérite brune.

Or. — Les filons aurifères existent aussi dans la presqu'île, mais jusqu'ici ils n'ont pas été rencontrés. Les indigènes se contentent d'exploiter les placers qui résultent de leur décomposition (Kélantan, Patani, Pahang, Sélangore, mont Ophir (Malacca), Batang Padang (Pérak).

Argent. Plomb. — Ces deux métaux se trouvent associés dans les filons de galène exploités dans Patani. Jusqu'ici ils n'ont pas été rencontrés dans le royaume de Pérak.

Des galets roulés de galène sont signalés dans Kélantan, dans Pahang et dans Rhaman; il semble qu'ils soient descendus du grand massif montagneux du G. Yang Yop.

Fer. — Jusqu'ici ce métal n'avait pas été signalé dans le royaume de Pérak. Je ne l'ai moi-même rencontré qu'à l'état de galets roulés dans la caverne de G. Tchōra.

Série stratifiée.

Gneiss. — Ces roches sont abondantes dans le massif du G. Krbou; je les ai rencontrées au sommet même de la montagne, dans les ravins et sur la cime du G. Tchâno. Dans la vallée de Kinta, je n'ai jamais observé cette formation.

Les gneiss du G. Krbou sont jaunâtres ou grisâtres; ils sont très pauvres en quartz et présentent une texture schisteuse des plus marquées. Le feldspath s'y montre très abondant et a conservé la forme de petits noyaux allongés, tandis que le mica, dont l'abondance n'est pas moins grande, est écrasé et donne à la roche un aspect soyeux très remarquable.

Phyllades. — Cette formation, dont la puissance est très variable, forme la base de la série sédimentaire de Pérak. Ces roches prennent divers aspects suivant les localités : dans la vallée de S. Raya, elles sont brunâtres

ou verdâtres, tandis que dans Oulou S. Kinta (*), elles sont vertes ou grises, et que sur le S. Piah elles sont presque noires.

Certaines formations que j'ai rencontrées à Boukit Naxa (Patani) peuvent être rapportées aux phyllades; elles sont rouges ou jaunes, présentent une texture schisteuse très prononcée et un aspect soyeux; elles renferment une forte proportion de mica. Mais n'ayant pu étudier que très rapidement les formations de Patani, je ne puis les ranger définitivement avec les phyllades.

Quartzites. — J'ai rencontré deux fois les quartzites dans mon voyage dans la presqu'île malaise, l'une au sommet du G. Krbou dans le voisinage des gneiss, l'autre dans Patani, à B. Naxa, où ils reposent sur les schistes (phyllades) rouges dont je viens de parler. Dans les deux cas, ces roches m'ont offert les mêmes caractères : ce sont des grès fins, à pâte siliceuse, rouges, jaunes ou gris, et netttement stratifiés.

Schistes. — Les schistes sont très abondants dans la presqu'île, ils forment une série d'assises que malheureusement je n'ai pu classer à cause des grandes difficultés que j'ai eu à vaincre dans mes recherches. Cependant, je les diviserai provisoirement en trois étages correspondant aux trois faciès différents et principaux sous lesquels ils se présentent.

Schistes A. — Grossiers, très nettement stratifiés, brunâtres ou noirâtres; les plus anciens.

Schistes B. — Bruns roux, de texture beaucoup plus fine que les précédents.

Schistes C. — Ardoisiers, très fins, bleus, bleuâtres, gris ou verts.

Ces trois formations ne renferment pas de fossiles, ou

(*) *Oulou S. Kinta*, partie supérieure du cours de la rivière Kinta.

du moins je n'ai pas été assez heureux pour en rencontrer. Elles bordent les vallées de la rivière Kinta et se rencontrent dans les bassins des rivières Krbou, Piah, Kinnering, etc.

Calcaires-marbres. — Stratifiés (B. Batou Lôné), reposent sur les schistes C. Ces calcaires sont très variables de nature, suivant les différentes localités.

G. Lano. — Texture demi-cristalline, sans stratification apparente, blancs laiteux très compacts.

G. Tchôra. — Texture semi-cristalline, très compacts, blancs, grisâtres ou roses.

B. Batou Lôné. — Stratifiés, lits alternants de marbre semi-cristallin blanchâtre et de calcaire grisâtre.

C. Penkalan Kalcha. — Texture semi-cristalline; grisâtres ou blanchâtres.

C. Maralounbou. — Texture semi-cristalline; blanchâtres ou grisâtres, veinés de jaune et de rouge brun.

La texture de cette roche dans ces diverses localités étant toujours la même, je crois pouvoir ranger les divers affleurements dans le même étage.

Dans mon voyage je n'ai jamais rencontré de fossiles dans les calcaires, mais un voyageur qui a levé la carte du royaume de Pahang, M. Cameron, a bien voulu me communiquer un fossile recueilli par lui, dans les mêmes assises, dans le royaume de Pahang.

Ce fossile, le seul qui jusqu'ici ait été rencontré dans la péninsule, est un brachiopode appartenant au genre *Platystrophia* qui, comme on le sait, se rencontre dans les couches du silurien supérieur et du dévonien inférieur.

Or les calcaires étant les derniers témoins de l'action sédimentaire marine dans la presqu'île, c'est donc plus tard au dévonien qu'il faut reporter l'époque de l'émersion de la péninsule malaise.

Alluvions anciennes. — Ces alluvions remplissent toutes les vallées du bassin de Pérak; leur âge, sans être

très ancien, ne peut être fixé d'une façon absolue; cependant elles renferment des détritus végétaux dans lesquels la matière organique a conservé sa composition primitive (Pappan); elles renferment aussi des instruments de pierre polie. On peut donc les comparer comme âge à nos tourbières d'Europe, dont la formation est presque des temps historiques.

Ces alluvions se composent, à la base, d'une couche très argileuse, nommée *kong* par les mineurs chinois et qui recouvre les roches anciennes; puis vient une succession de lits sableux ou argileux dans lesquels s'est déposée la cassitérite sous forme de lentilles allongées dont les dimensions sont variables suivant la longueur des bassins où se sont fait les dépôts. La puissance de ces alluvions varie également suivant les localités. C'est ainsi qu'à Pappan elles présentent une épaisseur maxima de 14 mètres environ, à Lahat 5 à 10 mètres, à Klian Lalang 4 mètres à $4^{m},50$, etc.

Les mineurs européens de Pérak ont cru à l'existence de couches continues d'alluvions riches et cette erreur, due à la légèreté de leurs observations, a souvent été la cause de leur ruine. Les gisements stannifères de la presqu'île de Malacca se présentent toujours sous forme de lentilles, qui parfois sont très grandes ou très nombreuses, mais dans d'autres cas, bien qu'étant très riches, sont très éloignées les unes des autres. J'ai maintes fois constaté ce fait tant dans la vallée de Kinta que dans les exploitations de Thaïping.

La teneur en cassitérite des couches riches est aussi extrêmement variable suivant les localités, mais on peut admettre comme maximum un poids de 20 kilogrammes d'étain à la tonne de terres. Malheureusement cette teneur est loin d'être la même dans toute la lentille; souvent deux échantillons pris à trois ou quatre mètres de distance accusent l'un 20 p. 1000, l'autre 1 p. 1000 et même quelquefois

beaucoup moins. Dans l'étude d'un gisement stannifère de cette nature, il ne faut donc pas tenir compte des échantillons très riches : c'est sur ceux tenant de 6 p. 1000 à 12 p. 1000 que les évaluations doivent être faites, abstraction faite des essais très riches, qui ne sont que des exceptions. Les poches à 6 et 10 p. 1000 de métal ne sont pas rares, surtout quand on prend la moyenne des produits d'une lentille entière, et, dans ces conditions de teneur, elles sont toujours exploitables, quand elles ne sont pas à une profondeur trop considérable.

Le minerai renfermé dans les lentilles se compose de cassitérite brune et de cassitérite blanche, dont les proportions varient suivant les localités.

L'analyse d'un échantillon moyen de minerai d'étain tel qu'il sort des caisses de lavage est la suivante :

Étain	65	Cassitérite.
Oxygène	17	
Silice	12	Impuretés dues à l'imperfection du lavage.
Alumine	4	
Fer	traces.	
Eau	2	

Comme on le voit, l'étain de Malacca ne renferme pas d'impuretés de nature à diminuer sa qualité et sa valeur.

Alluvions récentes. — Je comprends sous ce titre toutes les alluvions qui se forment encore de nos jours, celles dont se composent les estuaires et les *bakaos*.

Au point de vue minier, ces alluvions ne présentent aucun intérêt, mais il n'en est pas de même lorsqu'on se place au point de vue agricole : les *bakaos* sont en effet aujourd'hui les meilleurs terrains pour la culture de la canne à sucre. Formées des parties les plus légères des alluvions des rivières, ces plages boueuses gagnent tous les ans sur la mer, à laquelle les palétuviers disputent le terrain et dont ils sont toujours vainqueurs, car l'enchevêtrement de leurs racines protège contre le flot les

vases qui se sont déposées et l'empêchent de les emporter; puis, lorsque les *bakaos* s'assèchent par suite de l'exhaussement du sol, les plantes de la jungle en chassent les palétuviers et d'épaisses forêts se créent là où, quelques siècles auparavant, les vagues battaient contre les amas de racines. Ce mouvement lent, mais parfaitement régulier, de l'avancement des côtes tend à combler la vaste baie qui se trouve entre Poulao Pinang et Pangkore; les courants rejetés vers l'ouest par ces deux pointes n'ont pas d'action sur les bancs de vase qui se forment tous les jours. En traçant sur la carte marine les courbes de niveau du fond de la mer, on voit combien cette action est puissante et en même temps combien son résultat futur est certain. Ces courbes se suivent presque parallèlement à la côte jusqu'à ce qu'elles deviennent tangentes aux deux pointes qui protègent contre les courants du nord et du sud les *bakaos* de Pérak.

Quelques rivières, en débouchant à la mer, viennent déranger un peu la symétrie du remplissage, mais par contre elles apportent tous les ans à la saison des pluies de nouveaux matériaux qui s'entassent sur la côte.

Résumé. — Par comparaison avec les terrains plus connus de l'Inde et de l'Indo-Chine, on peut, provisoirement du moins, ranger les terrains dont est formée la péninsule malaise dans l'ordre suivant :

Terrains azoïques.	Gneiss. Phyllades.
Terrains siluriens.	Quartzites. Schistes (A) bruns grossiers. Schistes (B) bruns fins. Schistes (C) bleus ou verts.
Terrain silurien supérieur ou dévonien ?	Calcaires-marbres avec *Platystrophia*.
Post-pliocène.	Alluvions stannifères.
Récent.	Alluvions des *bakaos* et des estuaires; humus.

L'époque d'émersion de la péninsule a donc eu lieu après l'époque des calcaires-marbres, c'est-à-dire vers la fin de la période silurienne ou pendant la formation dévonienne. Elle a été produite par des éruptions de roches granitoïdes qui ont percé l'écorce et forment aujourd'hui les grands massifs montagneux de la péninsule.

Depuis ce temps, la presqu'île n'a jamais cessé de rester au-dessus du niveau des eaux. Plus tard se sont produites des fractures dans lesquelles les éruptions de quartz, de diorite, de porphyre, etc., sont venues former des filons. La presqu'île est restée dans cet état depuis la fin du dévonien jusqu'à l'époque moderne. Alors se sont produites des érosions considérables et, correspondant à ces érosions, des dépôts de sédiments dans les vallées. Quelle a été la cause de ce déluge? Il est, pour le moment du moins, impossible de le dire.

Il est certain que l'époque du soulèvement de la presqu'île malaise correspond exactement à celle à laquelle ont été formées la majeure partie des îles de la Sonde et des montagnes de l'Indo-Chine. Mais toutes ces régions ont été trop peu étudiées pour qu'il soit permis d'entrer dans des considérations plus générales. Je me bornerai à signaler ce fait intéressant, que la partie occidentale de la presqu'île indo-chinoise s'est soulevée avant la partie orientale : on trouve, en effet, au Tong-King des assises rhétiennes et jurassiques, tandis que dans la péninsule malaise ces étages font totalement défaut ou du moins n'ont pas encore été signalés.

IIe PARTIE.

ÉTUDE INDUSTRIELLE.

Mines d'étain du royaume de Pérak.

Bien qu'exploitées depuis des siècles, les mines d'étain du royaume de Pérak sont loin d'être épuisées. Grâce aux procédés perfectionnés de recherches, on découvre chaque jour de nouveaux gisements de cassitérite, et les nombreux étrangers qui arrivent sans cesse à Pérak trouvent tous du travail ou l'emploi de leurs capitaux (*). Anciennement c'était aux environs de Larout que les chercheurs d'étain faisaient leurs prospections, mais aujourd'hui des gisements importants ont été signalés dans presque tous les vallons du bassin de la Kinta. C'est vers ce district que se portent les nouveaux arrivants. Les alluvions les plus riches de la Kinta sont situées au pied des montagnes de l'est, c'est-à-dire dans les vallées qui reçoivent les eaux du massif le plus important du pays. Les districts de Batang Padang, Tchandériang, Tédja, Kampar, S. Raya et Oulou Kinta, ne sont pour ainsi dire qu'une longue suite d'alluvions stannifères. Sur la rive droite de la Kinta, au contraire, les gisements riches ne se présentent qu'à titre d'exception.

Il est pour moi démontré que les amas les plus considérables de granulite stannifère ou d'elvan, ainsi que les filons d'étain, sont concentrés dans les grandes mon-

---

(*) Le rapport annuel du résident de Pérak au gouverneur de Singapour accuse, pour l'année 1884, une immigration de 44.583 âmes.

tagnes, alors que les petites chaînes renferment seulement des pointements sans grande importance au point de vue des alluvions.

En suivant la vallée de la Kinta, depuis le point où elle sort des montagnes jusqu'à son embouchure, on rencontre sur la rive droite un grand nombre d'exploitations où les Malais lavent les terres de la surface.

Quelques vallées comme celles de Lahat, Allao Lintang, Pappan, etc., renferment, il est vrai, des dépôts riches, mais ces couches sont très irrégulières et profondément enfouies, tandis que sur la rive gauche les mines de Gôping, Tchandériang et Kampar présentent une richesse bien plus grande et plus de régularité dans la manière dont les poches stannifères se sont déposées.

Dans les gîtes d'étain de la presqu'île, les recherches doivent être faites avec le plus grand soin; rien n'est variable en effet comme la composition de ces alluvions; et en général quelques sondages seulement sont insuffisants pour permettre d'apprécier la richesse des couches. Les gîtes étant disposés en lentilles plus où moins allongées, il n'est pas rare qu'un sondage tombe entre deux gisements voisins : on croit alors les couches stériles; mais l'erreur inverse est bien plus grave : elle amène presque toujours des désastres dans les entreprises; engager des capitaux importants sur trois ou quatre sondages seulement serait une folie : ces sondages, ayant peut-être traversé les seules lentilles riches de la région, ne peuvent évidemment pas fournir d'indications générales.

Les sondages donnent des indications relatives qui sont de précieux éléments de comparaison. Dans tous les cas ils permettent d'étudier la nature et souvent même l'allure des couches, et de reconnaître s'il y a du minerai dans la profondeur. Leur utilité est donc indiscutable, aucun indice extérieur ne permettant de reconnaître la

nature des couches, surtout dans les régions intertropicales, où la végétation la plus dense couvre toute l'étendue du pays.

Les Chinois eux-mêmes emploient les sondages, mais ils les font peu profonds, leurs moyens d'action étant insuffisants pour qu'ils puissent atteindre les couches inférieures des alluvions.

Quoi qu'il en soit, et bien qu'un grand nombre de mineurs se soient ruinés dans l'exploitation des gîtes d'étain de Pérak, il n'en est pas moins établi que la richesse de ces gisements est considérable. La production du royaume de Pérak était, en effet, en 1884, de plus de 10.000 tonnes, et cependant ces gîtes sont exploités depuis des siècles par les Siamois et les Malais. L'accroissement considérable qu'a subi depuis ces dernières années la production de l'étain dans la presqu'île permet d'entrevoir pour l'industrie minière de ces pays un très brillant avenir. Alors que les gisements d'Australie et d'Europe commencent à s'épuiser, ceux de la Malaisie prennent de jour en jour une importance plus considérable, et tout porte à croire que dans quelques années la presqu'île malaise sera devenue pour le monde entier le centre principal de la production de l'étain.

Exploitation des mines.

Deux méthodes bien différentes sont en usage dans la péninsule malaise pour l'exploitation des mines d'étain : la méthode indigène employée depuis des siècles par les Malais et les Siamois, et la méthode chinoise importée depuis peu.

Méthode malaise. — *Extraction, épuisement.* — Selon la position des couches riches, les Malais emploient deux procédés différents.

Si les couches sont à flanc de coteau, l'exploitant se contente d'ouvrir une large tranchée dans la masse et de rejeter dans la vallée les stériles qui l'encombreraient. Le niveau inférieur de l'exploitation est alors déterminé par la hauteur maxima des eaux de la vallée; on laisse un terre-plein s'élevant à environ un pied au-dessus de cette limite. Il se produit toujours dans les couches exploitées des infiltrations qui viendraient interrompre les travaux; aussi les Malais creusent-ils une série de fossés parallèles au front de taille afin de drainer le terre-plein. On comprend aisément que ce procédé d'exploitaait été appliqué, dès les temps les plus anciens, aux couches à flanc de coteau de tous les vallons. Aussi ai-je rencontré sans cesse dans la forêt des restes de travaux de cette nature, que les Malais attribuent à leurs anciens maîtres, les Siamois.

Quand, au contraire, les couches exploitables se trouvent au fond d'une vallée, les Malais exploitent par fosses de peu d'étendue, dans lesquelles ils épuisent avec des seaux. La *fig.* 17, Pl. X, donne le plan de la mine de Tronong dans l'état où elle se trouvait lorsque je l'ai étudiée en juin 1884. En θ', sont d'anciens travaux à flanc de coteau attribués aux Siamois. En T sont deux fosses dans lesquelles on exploitait lors de ma visite. Ces fosses, dont la coupe est représentée par la figure 16, sont taillées à pic dans les alluvions; sur trois côtés les Malais soutiennent les terres avec des écorces d'arbres retenues par des pieux plantés verticalement; sur la quatrième face, ils laissent crouler les alluvions qui, dans la plupart des localités, tiennent assez longtemps pour qu'on puisse exploiter par gradins.

Suivant l'abondance des eaux, l'épuisement a lieu tous les matins avant le travail, ou plusieurs fois par jour et même parfois pendant toute la durée de l'exploitation. Il se fait à l'aide de seaux S suspendus à de longs leviers

P chargés de contrepoids C à leur extrémité. Grâce à cet appareil d'une grande simplicité, l'épuisement est beaucoup moins pénible que lorsqu'il se fait directement au seau. Je connais cependant quelques mines où la méthode des leviers n'est pas en usage, mais dans ces mines les couches riches sont presque à fleur de sol. Le labeur considérable que réclame l'épuisement force les ouvriers du fond à travailler avec une très grande rapidité et ceux de la surface à jeter les déblais le plus près possible afin de ne pas perdre de temps. Il en résulte que les stériles *St* sont toujours amoncelés auprès du chantier, ce qui oblige à reprendre les terres extraites pour les changer de place lorsqu'on veut agrandir les travaux.

Lavage des minerais. — C'est dans les fossés de drainage que les Malais établissent les *sluices* quand l'abondance des infiltrations leur permet d'effectuer le lavage à l'aide des eaux de la mine, à quelques mètres seulement du point d'extraction.

Quand les couches travaillées renferment peu d'eau, ils établissent leur *sluice* dans le ruisseau le plus voisin et y portent les terres riches. Mais ce travail pénible est cause que beaucoup de minerais de richesse moyenne sont abandonnés comme ne valant pas le transport. J'ai vu des exemples fréquents de ce système entre Ipoh et Lahat, et à Campong Monilé.

Quand le minerai est très riche, mais que l'eau fait défaut, les exploitants dérivent de petits cours d'eau qu'ils amènent parfois de fort loin dans la montagne afin de leur faire traverser leurs mines. C'est ainsi qu'à Klian Monilé se trouve un ruisseau dont les eaux, captées à grande distance de la mine, franchissent plusieurs vallons sur des aqueducs de bois (*fig.* 18, Pl. X); elles suivent sur une distance d'environ 2 kilomètres le flanc d'un coteau et viennent alimenter les laveries de la mine.

En général, après leur sortie de la mine, les terres riches sont placées auprès du ruisseau d'écoulement des eaux de surface (L, *fig.* 17, et R, *fig.* 16) ou de celles fournies par l'épuisement; de cette façon, les minerais passent au *sluice* (*Sl*, *fig.* 16) le lendemain du jour de leur extraction et sont lavés par les ouvriers pendant que l'épuisement se fait, avant le commencement du travail. Dès que les eaux sont suffisamment basses, les Malais quittent le lavage et retournent à l'extraction. Comme de cette manière il arrive souvent qu'ils ne peuvent pas laver le matin la totalité des terres riches extraites la veille, il les accumulent en un tas qu'ils lavent plus tard, lorsque la saison pluvieuse les empêche de travailler au fond.

Dans les mines malaises, le lavage se fait quelquefois en une seule opération, mais généralement il se compose du débourbage et du lavage proprement dit.

Le débourbage se pratique dans un fossé sans revêtement; les terres sont agitées pendant quelque temps au milieu de l'eau et l'ouvrier ne cesse ce travail que lorsque le ruisseau est devenu parfaitement clair. L'homme chargé du débourbage pousse à la pelle ou avec ses pieds le minerai vers le *sluice* de lavage qui, en général, est formé d'un tronc d'arbre creusé à la hache ou simplement d'une écorce maintenue à l'aide de petits piquets verticaux. Par cette méthode, les minerais atteignent une teneur qui varie entre 20 et 30 pour 100 du métal.

Le lavage au *sluice* s'effectue en ramenant le minerai vers la partie supérieure de l'appareil; les Malais arrêtent ce lavage dès que la couleur du sable leur semble suffisamment foncée; le minerai tient alors 55 à 65 p. 100 de métal, mais ne dépasse presque jamais cette teneur.

Quant aux dimensions des *sluices*, elles sont très variables et dépendent uniquement de l'importance des tra-

vaux. J'en ai vu de $2^m,50$ de longueur sur $0^m,40$ à $0^m,50$ de largeur; mais ces grands appareils font exception. Les dimensions moyennes sont $L = 1^m,50$ et $l = 0^m,30$ à $0^m,35$; l'inclinaison est réglée par la pratique, suivant la grosseur des grains de cassitérite.

Dans beaucoup de mines, le lavage est terminé à la battée; les Malais emploient à cet effet de grands plats de bois, dont ils font usage avec une grande habileté.

Prix de revient (*extraction*, *épuisement*, *lavage*). — Ce sont les mêmes ouvriers qui font tout le travail; ils se remplacent à tour de rôle dans les besognes les plus fatigantes, de sorte qu'il est très difficile d'établir le prix de revient pour chacune des opérations prise séparément. La seule manière de se rendre compte approximativement du prix de revient est de considérer le rendement en tenant compte du nombre total des hommes employés à une mine.

Voici le tableau des résultats mensuels des travaux dans diverses mines de Kinta, calculé par tête d'ouvrier travaillant trente jours.

MINES.	ÉTAIN. Production en pikouls.	ÉTAIN. Production en kilogrammes.	VALEUR du métal produit.	FRAIS d'exploitation.	FRAIS de métallurgie.	BÉNÉFICES.
Kl. Tronong....	0,42	26,25	52,60	40,00	4,20	7,40
Kl. Monilé.....	0,48	30,00	60,00	40,00	4,80	15,20
Kl. Tatsi.....	0,71	44,37	88,00	40,00	7,09	40,91
Kl. Djouang....	0.62	38,75	77,00	40,00	6,17	30,83
Kl. Salai.....	0,94	58,75	117,00	40,00	9,40	67,60
Kl. Lalang.....	1,00	62,50	125,00	40,00	10,00	75,00

Ces évaluations ont été faites pendant les mois de mai, juin et juillet 1884.

Dans le tableau qui précède, je porte à 2.000 francs (*) la

(*) Le cours actuel de l'étain (octobre 1885) dépasse 2.300 fr.

valeur de la tonne d'étain, parce qu'il faut tenir compte des droits (250 à 280 francs environ) ; je porte également les frais d'exploitation à 40 francs par mois et par homme : cette dépense semble être la moyenne de celles que font les exploitants indigènes. Les Malais m'ont d'ailleurs dit très souvent que lorsqu'une mine ne donne pas $ 8 à 10 (*) d'étain par homme et par mois, il est inutile de l'exploiter.

Vente du minerai. — Le minerai lavé et amené à une teneur d'environ 65 p. 100 est directement négociable. Les petites exploitations, celles qui n'ont pas de four construit spécialement pour la mine, envoient leur minerai à des fondeurs qui le paient $ 10 à 12 le pikoul et prélèvent un cinquième pour les frais du traitement métallurgique. Nous verrons plus loin quels bénéfices énormes les fondeurs peuvent réaliser.

Dans les ventes de minerai, les Malais mesurent la poudre, mais ne la pèsent pas ; ils se servent à cet effet d'une moitié de noix de coco qu'ils emplissent jusqu'au bord, le fondeur prend cinq cocos et n'en compte que quatre. D'ailleurs le *tampouron* (demi-noix de coco) qui sert à ces mesures est jaugé d'avance.

Dans les exploitations malaises d'une certaine importance, les ouvriers qui travaillent à la mine pendant toute la durée de la saison sèche deviennent fondeurs pendant la saison pluvieuse ; leurs bénéfices sont alors beaucoup plus considérables.

Les mineurs font eux-mêmes les transports de leur minerai et de leur étain métallique, soit qu'ils le portent à dos d'homme, soit à dos d'éléphant ou dans des *sam-*

---

par tonne, mais les Malais n'obtiennent jamais de leur produit un taux aussi rémunérateur.

(*) La valeur du dollar varie de 4f,60 à 4f,80 suivant le cours.

pans (pirogues). Ils vont le vendre dans les centres commerciaux tels que le Thaïping, Kouala Kangsar, Ipoh, Batou Gadja, Gôping ou Telok Anson, mais je n'ai jamais entendu dire que des mineurs malais allassent jusqu'à Poulao Pinang ou jusqu'à Singapour.

Méthode chinoise. — *Exploitation proprement dite.* — La méthode d'exploitation usitée par les Chinois est absolument différente de celle dont je viens de parler; elle est la seule qu'on puisse appliquer sur une grande échelle.

L'exploitant chinois choisit dans la partie la plus basse de son terrain le point d'ouverture de ses travaux. Il trace alors un long rectangle dont les grandes faces sont tournées vers les terrains à travailler, puis une vaste tranchée est ouverte avec la pente estimée convenable pour que les terres puissent tenir pendant plusieurs mois. Quand cette tranchée (*fig.* 15, Pl. X) est arrivée au *kong k*, c'est-à-dire à l'argile constituant le fond des couches exploitables, on commence un autre chantier en avant du premier, et en remontant la pente du terrain. Lorsque ce second chantier est arrivé à une profondeur suffisante, on en fait un autre en avant et ainsi de suite.

Dans ces travaux, les stériles sont rejetés en dessous de la première tranchée; puis, quand le déblai atteint de trop fortes proportions, on le porte dans les parties déjà exploitées, en *St*. Les terres riches sont accumulées auprès du ruisseau le plus voisin, à côté des sluices.

Telles sont les règles d'une exploitation bien conduite d'après la méthode chinoise.

Mais tous les *Tao-kés* (maîtres de mines) n'ont pas l'intelligence de conduire aussi méthodiquement leurs exploitations. Le manque d'argent ou toute autre raison les porte souvent à chercher des bénéfices immédiats. Les gradins sont alors supprimés, les talus diminués, et le

mode d'exploitation passe graduellement de la méthode chinoise à celle usitée par les Malais.

Dans les mines chinoises, le travail se paie à la tâche, à la journée ou au mois; je reviendrai sur cette importante question quand je parlerai de la main-d'œuvre.

La circulation dans les mines chinoises s'effectue sur des troncs d'arbres E, dont une extrémité porte au fond de la mine et dans lesquels sont entaillées des marches.

Dans le travail d'abatage, les Chinois emploient le *Tchang-kol*, sorte de pioche très large et à long manche qui sert alternativement de pic et de pelle.

Les transports à l'intérieur des mines se font à dos d'hommes; cependant pour ceux à petite distance (3 ou 4 mètres) les terres sont simplement traînées sur le sol; tandis que pour les grandes distances elles sont portées dans des paniers pendus au *pikoulane* (bâton appuyé sur l'épaule et dont se servent les Chinois pour porter tous les fardeaux). Comme on le voit, les Chinois ne connaissent pas l'usage de la pelle, ni celui de la brouette pour charrier les terres dans les mines. Il n'est donc pas surprenant qu'avec des moyens si primitifs l'extraction soit chose très coûteuse.

Épuisement. — Dans la méthode chinoise type, l'épuisement a lieu à l'aide d'une noria à chapelet inclinée et mise en mouvement par une roue hydraulique en dessus ou en dessous. Les dimensions de ces norias sont extrêmement variables. Quant aux roues hydrauliques, leur diamètre ne dépasse jamais 3 mètres; leur largeur est, en général, égale à leur rayon. Le rendement de ces machines est difficilement appréciable.

Les Chinois sont d'une habileté extrême dans tous les travaux d'hydraulique; ils construisent leurs machines avec beaucoup de soin et les utilisent d'une manière très intelligente. Mais, depuis que les Européens se sont éta-

blis dans le royaume de Pérak, les norias ont été remplacées par des pompes à vapeur (à rotation), qui donnent d'excellents résultats, tant au point de vue économique qu'à celui de la rapidité du travail. Elles sont actionnées par de petites locomobiles de 8 à 12 chevaux de force et permettent d'enlever en quelques heures seulement l'eau de tous les chantiers d'une exploitation, alors qu'avec les norias ce travail exigerait presque toute la journée.

Les chantiers chinois sont en général bien plus importants que ceux des Malais. Aussi l'exploitation s'y fait-elle d'une manière plus régulière. Les ouvriers du fond sont toujours employés à la même besogne, tandis que des escouades de laveurs restent à côté des *sluices*. Sagement appliqué, le principe de la division du travail a donné, là comme ailleurs, d'excellents résultats.

Dans ces conditions, le *Tao-ké*, qui exploite une mine de richesse ordinaire et qui produit environ 400 pikouls (2.612 kilogrammes) d'étain par mois, dépense par tonne de 700 à 1.100 francs, ce qui lui donne un bénéfice de 1.500 à 1.100 francs par 1.000 kilogrammes d'étain, y compris les frais de traitement métallurgique, mais sans compter les taxes. Mais il est à remarquer que l'exploitant chinois n'est pas chargé de frais généraux : il est lui-même son ingénieur et son comptable; en outre il vend à ses coolies l'opium, la nourriture et les habits, et fait sur ce commerce des gains considérables. En somme il n'a à payer que la différence entre le salaire et les dépenses de ses coolies. C'est ainsi que s'est faite la fortune d'Ah-Koué, le grand *Tao-ké* de Thaïping, qui, venu il y a vingt ans environ comme simple coolie, possède aujourd'hui des millions de dollars.

Les Chinois ne font que très peu de travaux de recherches ou du moins ils les font insuffisants; ils se guident surtout sur l'aspect des lieux et suivent leur sentiment.

Mais quand par hasard le terrain pris à l'aveugle est réellement bon, le nouveau *Tao-ké* s'enrichit rapidement, car le Chinois a réellement le génie de l'industrie et du commerce; il est très habile administrateur dans les grandes opérations comme dans les petites. Il connaît sa force, et croit qu'elle tient aux coutumes que lui ont transmises ses ancêtres; aussi ne renonce-t-il à celles-ci qu'avec beaucoup de répugnance. L'arrivée des premières machines à vapeur d'épuisement dans le district de Larout a produit une vraie révolte parmi les coolies; ce n'est qu'à la longue que les ouvriers se sont habitués aux pompes. Il est fort probable que, si quelque *Tao-ké* cherchait à remplacer le *Tchang-kol* et le *pikoulane* par des pelles, des pioches et des brouettes, le même fait se présenterait de nouveau.

Métallurgie.

Quatre procédés métallurgiques sont usités dans le royaume de Pérak; on peut les classer d'après la forme des fours employés. Ces derniers, également au nombre de quatre, sont, en suivant l'ordre chronologique de leur apparition dans le pays : 1° le four malais; 2° le four siamois; 3° le four chinois en terre; 4° le four chinois en briques.

Tous ces appareils appartiennent au type « four à manche ». Ils consomment du charbon de bois et sont à marche continue.

Four malais. — Il se compose d'un cylindre de terre battue *tf* (*fig.* 1, 2, 3, 4, 5, Pl. X) de 1 mètre sur $1^m,20$ de hauteur. La cavité interne (voir les coupes, *fig.* 4 et 5) est très irrégulière, elle présente un rétrécissement très marqué un peu au-dessous de son ouverture, tandis qu'à la base elle est plus large. Une tuyère débouche au-des-

sous du rétrécissement; le trou de coulée se trouve sur la paroi antérieure, au milieu d'un enfoncement de peu de profondeur. A droite et à gauche du four sont deux marches M, M′ (*fig.* 1 et 4) permettant au fondeur de venir verser dans le four le combustible et les minerais; ces marches sont également en terre battue *to*, mais elles sont faites avec moins de soin et protégées par une série de petits piquets de bois *pp′* (*fig.* 4 et 5). En dessous du trou de coulée est un bassin L dans lequel viennent s'accumuler les produits de la fusion, étain et scories. Une soufflerie, composée d'un tronc d'arbre creux cerclé de liens en rotang (*) RR′ et dans lequel se meut un piston P, P′ (voir la coupe transversale, *fig.* 6, Pl. X), donne le vent dans la tuyère.

Comme on le voit, ce four est d'une grande simplicité de construction; il n'exige que peu de frais et peut être construit partout, la terre dont il est composé étant un sable argileux qui se rencontre communément dans le pays.

Four siamois. — Introduit jadis dans Pérak, lors de la conquête siamoise, ce four n'est plus guère en usage que dans les districts du nord du royaume; il est très usité à Kédah et à Siam.

Il se compose d'un cylindre en terre battue terminé à sa face inférieure par une calotte sphérique et garni d'une armature métallique. Ce cylindre ne pose pas à terre; il est supporté par trois ou quatre pieds en fer (*fig.* 13 et 14). La cavité interne a la forme d'un cylindre droit surmontant un coude qui vient aboutir au trou de coulée. Une tuyère débouchant presque à la base de la cavité intérieure donne le vent; elle est alimentée par une soufflerie analogue à celle des fours malais.

(*) D'après la prononciation locale on devrait écrire *rotane*.

Four chinois en terre. — L'usage de ce four tend à se généraliser dans Pérak; il forme une sorte de transition entre le four malais et le four siamois. Il se compose comme le premier d'un cylindre de terre battue, mais sa cavité intérieure est analogue à celle du second. Il est en outre garni de piquets plantés verticalement et reliés entre eux par des cercles de rotang.

Ces appareils ont des dimensions beaucoup plus grandes que ceux des deux premiers genres. Ils reçoivent généralement l'air par le trou de coulée, qui fournit un tirage naturel; parfois, cependant, on ménage à la base du cylindre interne une série de trous par lesquels l'air peut s'introduire. Enfin, dans les fours dont la hauteur ne dépasse pas $1^m,40$, l'air est quelquefois donné par une soufflerie, comme dans le four malais.

Les dimensions sont en général les suivantes :

Hauteur totale	$2^m,35$ à $1^m,40$
Diamètre extérieur	1 ,40 à 1 ,20
Diamètre de la cavité interne	0 ,80 à 0 ,50
Profondeur de la cavité au-dessous de la gueule	1 ,90 à 1 ,00
Distance de la tuyère à l'orifice du four	1 ,30 à 0 ,85

La construction de ces fours est peu dispendieuse, mais aussi ces appareils durent-ils moins longtemps que les fours siamois; après quinze jours ou trois semaines de campagne, les parois se fendent et l'armature en bois prend feu.

Four chinois en briques. — Ce four est le plus perfectionné (*) de tous ceux en usage dans la péninsule. Il se compose d'un massif de maçonnerie en briques, haut de $1^m,80$, large de $2^m,25$ et épais de $1^m,70$. A

(*) Certains exploitants européens ont essayé d'employer, pour la réduction de la cassitérite, des fours à réverbère chauffés au bois, mais jusqu'ici cette méthode n'a donné que de très mauvais résultats.

l'intérieur est ménagée une cavité cylindrique ou demi-cylindrique de $0^m,50$ environ de largeur. La base de cette cavité est analogue à celle du four siamois, mais le trou de coulée est plus petit; il débouche au milieu d'un enfoncement rectangulaire dans lequel se trouve le bassin dertiné à recevoir les produits du traitement.

Deux escaliers permettent d'accéder à l'ouverture supérieure du fond. Une soufflerie malaise donne le vent par une tuyère débouchant à $1^m,20$ environ au-dessous de la gueule du four.

Le tableau ci-contre résume toutes les données relatives à l'emploi des fours dont je viens de parler. Mais les chiffres qu'il renferme ne doivent pas être considérés au point de vue général; je cite ces exemples tels que j'ai pu les recueillir, mais sans prétendre donner des moyennes.

D'après ce tableau, la métallurgie par la méthode chinoise serait de beaucoup la plus avantageuse; elle coûte, il est vrai, un peu plus cher comme combustible, mais elle est bien préférable sous le rapport de la main-d'œuvre. Le progrès dans les méthodes employées s'est fait graduellement; par, suite les fours se trouvent, dans le tableau, placés suivant l'ordre des dépenses qu'entraîne leur usage.

Les Malais et les Chinois coulent l'étain dans des moules de sable qui affectent presque toujours la même forme (*fig.* 7, *a*,*b*), mais dont les dimensions sont variables. Les lingots pèsent généralement 70 katis chacun, soit $45^k,750$. Quelquefois ils atteignent un poids de 1 pikoul ($62^k,500$); mais, pour faciliter les chargements et les transports, les fondeurs ne produisent, en général, que des saumons d'un poids moindre.

Autrefois, bien avant l'arrivée des Européens dans le pays, la monnaie courante était en étain. Ses petits lingots (*fig.* 8) pesaient environ 46 grammes.

Pour les travaux de métallurgie, les Malais se servent

DÉSIGNATION des FOURS (1).	DURÉE DE LA CONSTRUCTION d'un four.	DURÉE TOTALE D'UN FOUR.	DURÉE D'UNE CAMPAGNE.	NOMBRE D'OUVRIERS PAR 24 HEURES.	NOMBRE DE JOURNÉES D'OUVRIERS par tonne de métal.	POIDS DE MÉTAL PRODUIT en 24 heures.	POIDS DE CHARBON CONSOMMÉ en 24 heures.	POIDS DE CHARBON CONSOMMÉ par tonne de métal.	POIDS D'ÉTAIN RENFERMÉ dans les scories produites en 24 heures.	POIDS DES SCORIES PRODUITES par tonne de métal.	PERTES PAR TONNE DE MÉTAL produit.	COÛT DE LA CONSTRUCTION d'un four.	COÛT DE LA MAIN-D'ŒUVRE par tonne de métal.	COÛT DE LA NOURRITURE DES OUVRIERS par tonne de métal.	COÛT DU COMBUSTIBLE par tonne de métal.	FRAIS DIVERS rapportés à la tonne de métal.	USURE DU MATÉRIEL rapportée à la tonne de métal.	SURVEILLANCE, FRAIS rapportés à la tonne de métal.	COÛT TOTAL DE LA MÉTALLURGIE d'une tonne de métal.
	jours	jours	jours		—	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	$	$	$	$	$	$	$	$
1. Four malais	7	30	10	6	24,0	250	222	910	12	48	4	4,00	12,00	3,08	21,80	1,40	0,57	1,00	39,85
2. Four siamois.	7	60	15	8	13,3	600	552	920	32	53	»	26,00	6,60	2,20	22,08	1,40	0,85	1,00	33,13
3. Four chinois en terre. . .	15	60	20	6	6,0	1.000	950	950	51	51	7	35,00	3,00	1,02	22,80	2,30	0,65	1,00	30,77
4. Four chinois en briques.	35	5 ans	30	9	4,1	2.200	2.200	920	112	55	»	86,00	2,05	0,60	22,08	2,30	0,40	1,00	28,43

(1) Voici les sources auxquelles j'ai puisé les renseignements : N° 1. Four de Klian Monilé (Kinta). — N° 2. Renseignements communiqués à Poulo Pinang par un taoké de Kédah. — N° 3. Fours chinois de Gèping (Kinta). — N° 4. Renseignements obtenus à Thaïping.

de paniers et quelquefois de pelles en bois (*fig.* 9, *a b*). Leurs autres outils sont : un bâton pointu d'environ 3^{m},60 de longueur (*fig.* 11), employé pour ouvrir le trou de coulée lorsqu'il vient à se boucher, et un petit plateau de bois fixé perpendiculairement à un bâton et qui sert à boucher le trou de coulée à l'aide d'un tampon d'argile (*fig.* 10).

Les fonderies malaises pour le traitement des minerais d'étain sont d'une grande simplicité de construction. Un hangar (*fig.* 12) renfermant un four F, avec sa soufflerie S, un trou à sable T pour couler les lingots, un lit A pour les hommes qui passent la nuit, voilà tout ce dont se compose l'établissement métallurgique de Klian Monilé. L'usine est traversée par un ruisseau R, dont l'eau circule dans des troncs d'arbres creux emboîtés bout à bout.

Les Malais cherchent toujours à simplifier, autant que possible, les constructions et les travaux; ils sont très paresseux et opèrent toujours en petit avec des moyens mesquins.

J'ai dit plus haut que les fondeurs malais achètent aux mineurs les minerais à raison de $ 10 à 12 du pikoul et qu'ils prélèvent 20 p. 100 en nature pour les frais de métallurgie. Par suite de ces arrangements, la tonne de minerai leur revient à 1.275 francs environ, et si nous ajoutons à ce prix celui du traitement métallurgique, 186 francs environ, et les impôts 230 francs (moyenne des quatre dernières années), nous voyons que, les frais montant à 1.700 francs, le fondeur réalise un bénéfice variant de 300 à 500 francs par tonne; aussi les mineurs préfèrent-ils faire eux-mêmes la métallurgie de leurs minerais. Il en est résulté qu'un grand nombre de petites usines ont été créées dans le pays.

Combustibles. — Nous avons vu que le charbon de

bois est le seul combustible employé pour la métallurgie dans le royaume de Pérak. Le prix élevé de la houille et la grande difficulté des transports empêchera longtemps encore d'employer d'autre combustible.

Les charbons se préparent de la façon la plus primitive; les Malais comme les Chinois se livrent à cette industrie. Ils abattent de gros arbres et, après les avoir laissés perdre leur sève, ils les allument par une extrémité en les recouvrant de terre. Le feu se propage lentement et carbonise la majeure partie du tronc d'arbre. Les combustibles préparés de cette manière sont très imparfaits, et renferment beaucoup de matières volatiles.

Pour se servir utilement de cette méthode, il est indispensable de n'employer que des essences très tendres dans lesquelles le feu puisse se propager facilement et en même temps d'avoir de très gros arbres. Le *poko* (*) *marentie* et le *poko toualang* sont les seules essences qui se prêtent à ce mode de carbonisation.

Les *marenties* et les *toualangs* sont abondants dans les forêts de Pérak: ce sont de beaux arbres, dont le tronc, généralement très droit, atteint parfois des dimensions considérables. J'ai vu des exemples de *marentie* présentant à la base du tronc 4 mètres et même parfois 4^{m},50 de diamètre, tandis que la hauteur, avant d'atteindre les branches, était d'environ 20 à 25 mètres; mais ces colosses sont rares dans la forêt, et généralement on abat des arbres de 1 mètre à 1^{m},50 de diamètre.

Il est inutile d'insister sur le gaspillage énorme qu'entraîne cette méthode; les pertes sont d'environ 2/3 ou 3/4 du bois abattu. L'introduction dans le pays de la méthode européenne des meules serait certainement une grande amélioration, mais il est à craindre que, par ce procédé, le prix du combustible n'augmente considéra-

(*) *Poko*, arbre.

blement; car la construction d'une meule exige beaucoup de travail et la main-d'œuvre est chère dans la péninsule.

Le charbon que fabriquent les Malais est de très mauvaise qualité ; il renferme beaucoup de gaz, la carbonisation du bois n'ayant été que très imparfaite; mais ce défaut est plutôt un avantage dans la métallurgie de l'étain : ces gaz ont un effet réducteur très puissant, ils rendent le combustible plus inflammable, et il est presque certain qu'un changement de nature des charbons forcerait à modifier les dimensions et peut-être même la nature des fours employés aujourd'hui. Ces innovations ne peuvent être tentées que par des sociétés européennes et encore réussiraient-elles, que très probablement les fondeurs malais et chinois se refuseraient à les appliquer.

Main-d'œuvre.

Des différents peuples qui vivent dans la péninsule malaise, les Chinois seuls sont utilisables pour les travaux des mines, les autres races ne peuvent être employées qu'à des ouvrages secondaires.

Les Chinois, patients et travailleurs, sont, en réalité, de bons ouvriers; il faut cependant, pour les conduire, beaucoup de fermeté et de prudence. En effet, non seulement ils ont apporté avec eux les vices propres à leur race, mais ils ont pris également ceux des peuples au milieu desquels ils vivent. Ils appartiennent tous à des sociétés secrètes auxquelles ils obéissent aveuglément. Les chefs de ces sociétés résident à Poulao Pinang, à Singapour et en Chine; ils semblent avoir pour but de conserver intactes les coutumes chinoises en s'opposant par tous les moyens aux innovations européennes. Il ne faudrait pourtant pas croire qu'avec cette race toute amélioration soit impossible, on en obtient beaucoup par la douceur associée à la fermeté et à la plus grande justice.

Mieux vaut en effet, avec eux plus encore qu'avec des Européens, laisser une faute impunie que de frapper à faux.

Ouvriers mineurs au mois. — Les ouvriers employés au mois doivent fournir 24 jours de travail par mois de 30 jours. Ils ont droit à 6 jours de repos, qu'ils peuvent utiliser à leur guise soit pour leur propre compte, soit en faisant dans la mine des journées supplémentaires payées à part. Ils travaillent le matin de 6 heures à 9 heures et le soir de 1 heure à 4 heures; soit 6 heures de travail par jour ou 144 heures par mois.

Ces ouvriers sont nourris et reçoivent un salaire mensuel de $ 7; le coût de la nourriture d'un homme est de $ 5 par mois, ce qui porte la dépense totale à $ 12, soit 55f,20, on par jour $ 0,233 de paie et $ 0,166 de nourriture. La paie normale de l'heure est $ 0,083, celle de l'heure supplémentaire est de $ 0,08. Les Chinois considèrent qu'un homme ayant déjà travaillé 6 heures dans la journée ne produit plus autant dans ses heures supplémentaires; aussi la paie est-elle un peu inférieure à celle du travail régulier.

Dans les diverses exploitations chinoises que j'ai visitées, j'ai remarqué qu'un terrassier ne fait à l'heure qu'environ les 2/5 du travail que ferait un ouvrier européen dans le même temps; or l'Européen travaille 12 heures par jour et le Chinois 6. Ceci va nous permettre d'établir le prix de la main-d'œuvre chinoise rapportée au travail européen. Cinq Chinois, pendant 6 heures, font le travail de deux Européens; ils sont payés $ 0,083 de l'heure, ce qui porte à $ 1,25 le prix de 6 heures de travail européen et à $ 2,50 celui d'une journée de 12 heures, soit 12f,50 environ.

Dans ce qui précède, je n'ai considéré que l'abatage, mais si l'on fait entrer aussi en ligne de compte les trans-

ports au *pikoulane* par les Chinois, à la brouette par les Européens, on trouve, à l'aide d'un calcul analogue, que la journée de travail européen revient à 21f,75. Mais il faut aussi tenir compte du climat, et non seulement des ouvriers européens seraient loin de fournir la même somme de travail qu'en Europe, mais même ils ne résisteraient pas à la chaleur et succomberaient bientôt.

Quand un ouvrier chinois ne travaille que 23 jours dans un mois il n'est payé que pour ces 23 jours et l'on déduit de sa paie les dépenses d'un jour de nourriture ; en outre il perd le bénéfice de ses six jours de repos.

D'ailleurs le tableau suivant montre quelle est la paie d'après cette méthode suivant le nombre des jours de travail.

NOMBRE de jours.	PAIE.		HEURES SUPPLÉMENTAIRES.		DÉCOMPTE.		NOURRITURE.	PAIE totale.
	Détail.	Total.	Détail.	Total.	Détail.	Total.		
		$		$		$	$	$
30	»	7	36 × 0,08	2,88	»	»	5	14,88
24	»	7	»	»	»	»	5	12,00
23	23 × 0,233	5,379	»	»	5,379 — 0,166	5,213	5	10,21
22	22 × 0,233	5,126	»	»	5,126 — 0,332	4,794	5	9,79
21	21 × 0,233	4,893	»	»	4,893 — 0,498	4,195	5	9,19
20	20 × 0,233	4,600	»	»	4,600 — 0,664	3,936	5	8,93
10	10 × 0,233	2,333	»	»	2,333 — 2,324	0,009	5	5,00
5	5 × 0,233	1,165	»	»	1,165 — 3,114	—1,949	5	3,04

Comme on le voit, quand dans les 20 premiers jours du mois un ouvrier n'a pas travaillé, on doit le renvoyer, sa paie ne pouvant atteindre tout au plus que l'amende qui lui est infligée.

Les Chinois paient leurs coolies tous les mois, tous les trois mois ou tous les six mois. Dans ce dernier cas, les ouvriers sont autorisés à recevoir deux ou trois dollars d'avance sur leur compte par mois de travail écoulé, à la condition toutefois que la somme qui leur est due soit supérieure à $ 5 ; au cas contraire, ils n'ont droit à aucune avance.

Les ouvriers ne travaillant pas d'une façon satisfaisante sont punis d'amendes qui varient et peuvent s'élever jusqu'à $3,50; au-dessus de ce maximum, ils sont renvoyés. Les ouvriers punis d'amendes une fois dans un trimestre n'ont droit à aucune avance jusqu'au solde de leur compte.

La surveillance est exercée par un *tindel* (surveillant) chinois chargé de 50 hommes au plus; il marque la quantité de travail de chacun et doit fournir tous les soirs à son chef une copie de l'état de la journée.

Ouvriers à la journée. — Ces ouvriers sont embauchés parmi les coolies sans place qui abondent dans le pays; ils sont payés de $0,35 (1f,60) à $0,50 (2f,30); le règlement de leur compte se fait toutes les semaines ou tous les mois; ils ne sont pas nourris. On ne doit guère les employer que temporairement, leur travail étant plus cher et moins profitable que celui des coolies employés dans d'autres conditions.

Ouvriers à la tâche. — Il serait impossible d'assigner à chaque ouvrier sa tâche et surtout de vérifier le travail produit; aussi s'adresse-t-on à des maîtres-ouvriers chinois (en malais *kapala*, zélé, chef) avec lesquels on passe contrat pour un travail déterminé.

L'unité du travail est le *tao-tché*, volume de terre 29mc,811.

D'après son contrat, le *kapala* se charge de mener le travail à profondeur, c'est-à-dire d'enlever le minerai d'étain. Il le fait porter dans un endroit déterminé près des caisses de lavage; quant aux stériles, ils doivent aussi être placés dans des endroits indiqués par le contrat.

Les contrats se font pour les dimensions d'un *tao-tché* à la surface et pour une profondeur égale à l'épaisseur

totale des couches à enlever; si ces couches ont 5 mètres d'épaisseur, le contrat portera sur 14 *tao-tchés*.

La pente des talus est fixée à l'avance et les divers groupes d'ouvriers doivent enlever les limites qui séparent les chantiers. L'ordre suivant est en général adopté: quand les travaux ont atteint une profondeur d'un *depa* (1^m,82), le chantier de droite enlève le prisme qui le sépare de son voisin de gauche, ce dernier enlève à son tour la séparation vers la gauche, et ainsi de suite jusqu'à l'achèvement du travail.

Le prix d'un *tao-tché* varie entre $ 7 et $ 9, sans compter l'épuisement, qui doit être fait aux frais du propriétaire de la mine.

Le *kapala* est responsable du travail de ses hommes, c'est sur lui que frappent les amendes si le contrat n'est pas strictement exécuté, ou s'il se passe des désordres dans les maisons habitées par les ouvriers. Il reçoit des avances toutes les semaines s'il le désire, mais le règlement de ses comptes se fait tous les mois ou tous les trois mois, après que son travail a été mesuré. Il paie les coolies et les nourrit lui-même, le propriétaire de la mine ne lui fournissant que les logements et les outils.

Ouvriers sing-kés. — Ces ouvriers, amenés de Chin par des entrepreneurs spéciaux, ont signé un engagement de 12 mois de travail, à raison de 24 journées de 6 heures par mois. Ils coûtent à Georgetown (Poulao-Pinang) $ 22; leur nourriture revient à environ $ 5 par mois; de plus ils sont habillés à neuf tous les trois mois (coût, $ 1,50). Leur transport de Poulao-Pinang jusqu'à la mine où ils doivent travailler coûte environ $ 2, et la taxe annuelle $ 1; ce qui porte les dépenses totales, par homme et par an, à $ 91 (418f,60 à 455f,00 selon le cours du dollar).

Les *sing-kés* doivent, comme je l'ai dit, 12 mois de

24 jours de travail, ce qui porte le coût de l'heure à environ $ 0,06; les journées de maladie sont reprises ensuite avant l'expiration du contrat; on prélève aussi sur l'ouvrier les journées de nourriture pour les jours où il n'a pas travaillé. La surveillance est la même que pour les ouvriers payés au mois.

Nous avons vu précédemment que le travail par les ouvriers au mois revient à $ 0,083 l'heure; il y a donc, à employer les *sing-kés*, un bénéfice de $ 0,023; mais, en réalité, cette économie est illusoire, car les *sing-kés* arrivant directement de Chine ne sont pas acclimatés et ne peuvent fournir la même quantité de travail que les ouvriers fixés depuis longtemps dans le pays. De plus quand la maladie se met parmi eux il est difficile de l'arrêter, et quelques jours suffisent parfois pour réduire considérablement l'effectif des ouvriers récemment arrivés de Chine. C'est ainsi que, dans une mine située sur la rive droite de la Kinta, des *sing-kés* dont on faisait l'essai ont été réduits de 80 p. 100 en moins de six mois par suite du manque de soin et de l'imprévoyance du directeur.

D'ailleurs le gouvernement de Pérak prend toutes les précautions possibles pour que ces malheureux, presque en esclavage, soient traités avec douceur et aient les soins qui leur sont indispensables. Un médecin est chargé de visiter les exploitations les plus importantes et d'étudier l'état sanitaire des coolies; un fonctionnaire spécial (protecteur des Chinois) est chargé de faire cesser les abus dont ils seraient victimes.

Ouvriers laveurs. — Pour ce genre de travail, les ouvriers chinois sont les meilleurs; le lavage se faisant avec des appareils auxquels ils sont accoutumés, ils fournissent du minerai très pur (65 p. 100 de métal) et font des pertes peu élevées. Ces hommes sont payés à la tâche

ou au mois, suivant les règles énoncées plus haut, mais leur paie s'élève à $ 8 ou 9 par mois. Ils ont en plus des primes suivant la pureté du minerai qu'ils livrent; mais aussi, s'ils font des pertes trop considérables, ils sont punis d'amendes.

Ouvriers fondeurs. — Pour les travaux métallurgiques les Malais et les Chinois peuvent être considérés comme des ouvriers d'égale valeur; ils emploient des méthodes différentes, mais produisent au même prix et donnent du métal très pur.

Les travaux de fonderie sont en général exécutés suivant contrats passés avec un maître fondeur qui dirige toutes les opérations, fournit le combustible, s'assure d'un nombre suffisant d'ouvriers et paie ses travailleurs. On lui alloue généralement $ 2,32 par *pikoul* d'étain fondu avant raffinage, environ 175 francs par tonne. Les frais sont à peu de chose près de 160 francs.

Les ouvriers à la tâche reçoivent le minerai et le combustible; ils touchent $ 0,85 par pikoul de métal produit, soit $ 13,00 par tonne. Ils marquent d'un poinçon spécial le métal qu'ils livrent et reçoivent généralement à la fin du mois le solde de leur compte. Il leur est alloué 65 kilogrammes de charbon de bois par *pikoul* de minerai, soit 110 francs de combustible par tonne, ce qui porte à 160 francs environ le prix de revient de la métallurgie d'une tonne d'étain, mais laisse au propriétaire de la mine tous les soins de surveillance et de détails.

Les ouvriers à la journée sont payés $ 0,50 par poste de jour de 12 heures et $ 0,60 par poste de nuit, ils sont nourris, logés et éclairés.

Défrichements. — La première opération dans la mise en valeur d'un terrain minier est la coupe de la forêt qui recouvre le sol.

Pour les défrichements, les meilleurs ouvriers sont sans contredit les Sakayes, quand on peut s'en procurer, car les Malais et les Chinois font des prix ridiculement élevés; le mieux est de faire venir des Sakayes et de passer contrat avec leur chef.

Voici les prix comparés pour la coupe d'un *orlong* (53 ares 82 centiares) de forêt, selon le diamètre des plus gros arbres :

NATURE DE LA FORÊT.	PRIX.	
	Malais et Chinois.	Sakayes.
Grande forêt avec arbres dépassant 3 mètres de diamètre, sous bois épais	$. 20 à 25 Fr. 92 à 115	$. 12 à 14 Fr. 52 20 à 64,40
Forêt moyenne avec arbres ne dépassant pas 2 mètres de diamètre	$. 18 à 22 Fr. 82,80 à 101,20	$. 10 à 12 Fr. 46 à 55,20
Petite jungle avec arbres de 0m,40 à 0m,50 de diamètre	$. 10 à 12 Fr. 46 à 55,20	$. 8 à 10 Fr. 36,80 à 46
Broussailles	$. 6 à 8 Fr. 27,60 à 36,80	$. 4 à 6 Fr. 18,40 à 27,60

Pour ces prix, la forêt est coupée et brûlée.

Travaux de routes. — Les routes se font et s'entretiennent, en général, par contrats. Les ouvriers employés sont les Malabars ou les Javanais, qui ont leurs entrepreneurs spéciaux.

Les ouvriers employés isolément sont payés de 35 à 40 cents par jour (1f,60 à 1f,80).

Charpentiers, menuisiers et forgerons. — Tous ces ouvriers doivent être choisis parmi les Chinois, en raison de leur grande supériorité d'adresse sur les Malais et les Hindous.

Un maître ouvrier est payé par jour $ 1,00 (4,60 à 5f,00), les simples ouvriers $ 0,70 à $ 0,80 (3f,20 à 4f,00); ils sont logés, mais s'entretiennent à leurs frais.

Comme on le voit, la main-d'œuvre chinoise a pris dans la presqu'île une très grande importance. Aujourd'hui, l'industrie et le commerce sont presque partout entre les mains des *tao-kés*. Les Malais, paresseux et surtout très irréguliers dans leurs travaux, ne peuvent lutter contre la race jaune.

Associations chinoises.

En même temps qu'ils apportaient leurs procédés d'exploitation et de métallurgie, les Chinois ont aussi introduit dans la presqu'île malaise les principes des nombreuses associations dans lesquelles la race jaune puise la majeure partie de sa force.

Les sociétés chinoises sont de nature différente, suivant les classes de la société auxquelles elles s'appliquent, mais elles poursuivent toutes le même but : « Amener entre les mains de la race jaune le commerce et l'industrie du pays afin d'imposer ses coutumes et ses mœurs, et de créer loin de la Chine de nouvelles patries où l'excès de la population de l'Empire du Milieu puisse trouver un vaste champ de travail et de vie ».

De nombreuses sociétés secrètes, dont les chefs habitent les grandes villes, dirigent presque dans les moindres détails la conduite des Chinois, et n'ont pour but que de conserver intactes les coutumes chinoises en repoussant les innovations européennes. Ces sociétés reçoivent leurs fonds de tous leurs membres ; elles rendent en échange des services à chacun d'eux lorsqu'ils ont besoin de recommandations ou même de capitaux pour leurs affaires. Les divers membres doivent suivre, sans les discuter, les ordres qui leur sont donnés par les chefs ; s'ils ne s'y conforment pas, ils sont dénoncés à tous les sociétaires et traqués par eux jusqu'à ce qu'ils soient rentrés dans le devoir. La seule influence qu'exercent sur les entre-

prises minières ces sociétés secrètes porte sur les coolies : elles leur prescrivent d'être toujours hostiles aux innovations européennes et de lutter sans relâche contre les directeurs des affaires et les employés européens, afin de les faire disparaître et de les remplacer par des Chinois.

Les associations financières, commerciales ou industrielles se présentent chez les Chinois sous toutes les formes possibles, bien qu'il n'existe pas d'affaires purement chinoises, montées par actions. Je ne parlerai que de celles qui ont rapport aux mines.

Le mode de la société en participation est très fréquent et est appliqué dans de très vastes proportions. Plusieurs Chinois réunissent leurs capitaux et leurs efforts personnels pour mener à bien l'exploitation d'une mine; chacun travaille suivant ses aptitudes et a droit à un bénéfice proportionnel à son apport de fonds. Cette méthode supprime absolument les frais généraux.

Il est très fréquent qu'un *tao-ké* ne disposant pas de capitaux suffisants pour ouvrir des travaux de mine sur une grande échelle, forme avec ses amis une société en commandite et leur donne des intérêts proportionnels à leurs apports. Il arrive souvent aussi que les capitalistes se réservent un revenu régulier de 10 ou 12 p. 100 de leurs fonds. Quelque soit le produit de l'affaire, l'excès des bénéfices sur l'intérêt des fonds engagés est alors réparti entre les sociétaires suivant des conventions préalables.

Le mode de société le plus usité dans le royaume de Pérak est celui des associations coopératives : il intéresse chacun des coolies à la réussite de l'affaire et rémunère le *tao-ké* ou les propriétaires de la mine suivant des conditions stipulées, soit verbalement quand le nombre des ouvriers n'est pas considérable, soit par contrat signé du *tao-ké* et de chacun des travailleurs.

Les formes précédentes d'associations sont souvent

combinées ensemble et compliquées de conditions spéciales pour chacune des affaires; de sorte qu'il serait très difficile d'énumérer la liste des sociétés diverses qui travaillent les mines du royaume de Pérak, et d'indiquer d'une manière générale quels caractères présentent ces associations au point de vue légal.

Législation minière.

Les terrains miniers, dans le royaume de Pérak, appartiennent à l'État, qui les concède à son gré suivant les intérêts du Trésor. Les indigènes sont autorisés à conserver les mines qu'ils exploitaient avant que le pays fût placé sous le protectorat de l'Angleterre; mais ces terrains sont délimités par le gouvernement, afin d'éviter le gaspillage.

Dans les pays où les terrains ne sont pas exploités depuis six mois, les étrangers peuvent obtenir des concessions en adressant une demande au radja Mouda, régent de Pérak, par l'intermédiaire du magistrat du district où se trouvent ces terrains. Si, au contraire, ces alluvions sont exploitées par les indigènes ou si les travaux ne sont abandonnés que depuis peu (délai de six mois), le demandeur en concession doit s'être préalablement entendu avec les propriétaires du sol.

Dès que la demande en concession a été déposée, le magistrat du district se rend sur les lieux afin d'entendre les réclamations qui pourraient être faites. S'il y a des oppositions, il cherche à concilier les deux parties, et dès que l'accord existe, il place sur le terrain des bornes limitant les anciennes concessions; puis il envoie la demande, accompagnée d'un plan sommaire et d'un rapport au résident, qui transmet le dossier au régent après l'avoir examiné.

Dans l'acte de concession, qui est signé du régent et

du concessionnaire, ce dernier s'engage à mettre en valeur *bonâ fide* le gîte qui lui est concédé dans un délai de six mois à partir du jour où l'acte est délivré. Il s'engage également à payer les redevances et à se soumettre aux règlements concernant la police des mines et l'état sanitaire des ouvriers. Ce titre de concession est délivré gratuitement, mais il n'est valable qu'autant que le concessionnaire se soumet aux conditions indiquées ci-dessus; au cas contraire, celui-ci se voit privé de ses droits.

Le gouvernement de Pérak fait preuve de la plus grande bienveillance dans ses relations avec les concessionnaires; il les aide dans la mesure du possible, afin de favoriser le développement de l'industrie dans le royaume.

L'étendue des concessions est très variable, suivant la surface financière que présentent les individus ou les sociétés auxquels on les accorde. Certains terrains concédés sont de 50 à 100 acres (*) anglais, d'autres atteignent 500. Le radja Mouda a même donné jadis 1000 acres; mais aujourd'hui que les mineurs affluent dans le pays, les tendances du gouvernement sont de réduire les surfaces accordées et de ne pas dépasser 200 acres.

La redevance a subi des modifications notables depuis que les mines d'étain de Pérak ont pris tant d'importance dans ces dernières années. Autrefois, comme aujourd'hui, elle a toujours porté sur les produits bruts, et non sur les bénéfices réalisés par l'exploitant ou sur l'étendue des terrains concédés. Cette redevance se compose de deux parties, l'impôt fixe et le droit d'exportation. L'impôt fixe est de $ 0,66 par pikoul, soit 53f,35 par tonne. Le droit d'exportation est variable; suivant le cours de l'étain et suivant les localités, il est fixé par le Conseil d'État.

Certains districts placés dans de mauvaises conditions

(*) Un acre anglais équivaut à 0,404671 hectare.

de transport ou d'exploitation paient moins cher que d'autres situés à proximité d'un port ou d'une rivière navigable. C'est ainsi que les droits pour les étains provenant des mines de Lahat (Kinta) sont bien moindres que ceux établis pour les étains de Larout. Cette différence est principalement due aux mauvaises conditions de transports dans lesquels se trouvent toutes les mines d'Oulou Sougni Kinta.

En faisant une moyenne des droits perçus dans les quatre dernières années, on voit que cet impôt variable monte à environ 230 francs par tonne, soit 10 p. 100 *ad valorem*. Cette redevance est perçue au port d'embarquement ou au trésor (*Thaïping*); les étains qui ont payé les droits portent alors l'estampille du gouvernement.

Les impôts sur l'étain constituent pour le pays une source réelle de richesse. En 1884, le revenu du royaume était de $ 2.982.599 57 (environ 12.500.000 francs), sur lesquels $ 503.370 00 (2.500.000 francs environ), ont été payés par les exploitations d'étain.

Pour les mines d'or la législation serait absolument la même; le gouvernement se propose de prélever 10 p. 100 de la production brute; mais ces gisements sont situés dans des régions d'un accès très difficile. En considération des obstacles qu'on aurait à vaincre, peut-être obtiendrait-on des réductions de ces tarifs écrasants.

Certaines compagnies minières ont obtenu jadis des concessions très vastes et des réductions dans les droits à payer. Mais le gouvernement, ayant eu à regretter ses largesses, par suite de la mauvaise administration des sociétés auxquelles il avait fait des avantages, est décidé à ne pas donner, dans les terrains encore neufs, des concessions de plus de 500 acres et à ne plus faire de réductions sur les droits.

Autrefois, pour faire des recherches dans le pays, on devait préalablement se munir d'un permis de recherches

(coût $ 1,00); mais depuis quelque temps, cet usage est tombé en désuétude. Il est d'ailleurs évident que le gouvernement a tout avantage à favoriser les exploitations plutôt qu'à les entraver.

Statistique.

Depuis une dizaine d'années, c'est-à-dire depuis l'époque où l'Angleterre a imposé son protectorat au royaume de Pérak, l'exploitation des mines d'étain a pris des proportions considérables et la production s'est accrue d'une manière notable.

Le tableau suivant, extrait des rapports annuels que le résident de Pérak envoie au gouverneur des *straits settlements*, donne, à ce sujet, les chiffres les plus concluants :

ANNÉES.	BASSINS côtiers.	BASSIN du S. Pérak.	TOTAL.	VALEUR totale.	ACCROISSEMENT de production.
	tonnes	tonnes	tonnes	francs	tonnes
1876	1.783	271	2.054	4.518.800	»
1877	2.511	547	3.058	6.727 600	1.004
1878	2.895	739	3.634	8.005 800	576
1879	3.478	848	4.326	9.517.200	692
1880	4.440	1.067	5.507	12.115.400	181
1881	5.070	1.270	6 340	14.948.000	833
1882	6.336	1.468	8.804	19.368.800	2.464
1883	7.944	2.008	9.952	21.784.400	1.148
1884	8.014	2.696	10.710	23.562.000	758

Dans les neuf dernières années, le royaume de Pérak a donc produit 54.385 tonnes d'étain, représentant une valeur de 108.770.000 à 125.085.500 francs, suivant le cours du métal.

C'est pendant le cours des années 1877, 1882 et 1883 que l'accroissement de production a été le plus considérable; mais, comme on le voit, c'est surtout dans les bassins côtiers qu'il s'est fait sentir, la vallée du fleuve

Pérak faisant des progrès considérables, il est vrai, mais bien moins rapides et plus réguliers.

Il est intéressant de comparer l'accroissement de la production de l'étain dans les divers districts du royaume de Pérak. Le tableau qui suit renferme les éléments de cette comparaison pour une période de cinq années (1880-1884). La production est évaluée en pikouls de 62^{k},500.

ANNÉES.	KOUALA KANGSAR.	LAROUT.	BAS PÉRAK ET KINTA.	SELAMA.	DIVERS.
1880	560,11	69.928,03	16.519,53	1.116,91	
1881	667,75	79.438,88	19 311,58	1.691,74	
1882	2.259,80	93.170,15	21.209,40	2.497,36	7,85
1883	5.062,52	125.180,86	27.216,76	1.935,39	
1884	6.985,28	126.999,43	35.998,27	1.213,69	5,87

En considérant les chiffres de production donnés par le tableau précédent, on est amené à faire les différences entre les diverses années :

ANNÉES.	KOUALA KANGSAR.	LAROUT.	BAS PÉRAK ET KINTA.	SÉLAMA.	DIVERS.
1881	+ 107,64	+ 9.510,85	+ 2.792,05	+ 574,83	
1882	+ 1.592,05	+ 13.631,27	+ 1.897,82	+ 1.897,82	+ 4,85
1883	+ 2.802,72	+ 32,010,71	+ 6.007,36	— 561,97	— 4,85
1884	+ 1.822,76	+ 1.818,57	+ 8.781,41	— 721,70	+ 5,87

Ce tableau montre clairement que les seuls districts où la production subisse toujours un accroissement, et où par conséquent l'exploitation est régulière, sont ceux de Larout, Kouala-Kangsar, bas Pérak et Kinta, qu, pour entrer dans plus de détails, les régions de Larout, Kinnering, Kinta, Batang Padang et Bidor, qui sont les seules où l'étain se rencontre en quantité réellement considérable.

Exportation. — Les étains de Pérak sont tous exportés, la consommation sur place étant extrêmement faible; d'ailleurs elle n'est pas comptée dans les statistiques

précédentes, qui ne portent que sur les lingots ayant payé le droit de sortie.

Les ports d'embarquement sont Telok Kartang, et aujourd'hui Port Weld (depuis qu'une voie ferrée a été établie entre Thaïping et la côte) et Telok Anson. Les deux premiers ports servent de débouchés aux étains de Larout, tandis que Telok Anson dessert tout le bassin du fleuve de Pérak. De ces ports les étains sont transportés à Singapour et à Georgetown (Poulao Pinang). Georgetown reçoit aussi les produits des mines de Kédah et d'une partie de Siam. A Singapour, au contraire, ce sont les étains de Salangore, Malacca, Pahang et Kélantan qui paraissent sur le marché.

L'étain est alors embarqué à destination de tous les points du monde; mais les transports vers l'Angleterre sont les plus importants; puis viennent ceux vers la Chine, les Indes et les États-Unis. Les autres pays n'entrent que dans des proportions relativement très faibles.

Quant à la production des autres métaux, tels que le plomb et l'argent (Patani) et l'or (Salangore, Pahang, Kélantan). Il serait impossible de donner même des approximations. Les filons de galène et les placers étant exploités dans les royaumes indigènes, il n'existe aucun contrôle et presque toujours les métaux sont employés dans le pays.

Conclusions.

La grande source de richesse du royaume de Pérak est sans contredit l'étain, dont la richesse augmente d'année en année et dont les gisements sont bien loin d'être épuisés.

L'exploitation des mines d'or est encore à créer; jusqu'ici personne n'a tenté d'aller fonder des établissements miniers au milieu des régions sauvages de l'intérieur, et

pourtant les difficultés ne seraient pas insurmontables si on les compare à celles qu'ont eu à vaincre les mineurs des Guyanes et de la Californie. Les gisements de kaolin qu'on rencontre sur plusieurs points sont tous inexploités, alors que la main-d'œuvre chinoise peut les utiliser si facilement. Des gisements de fer existent dans le pays, mais ils n'ont encore été reconnus sur aucun point; quelques galets en annoncent seuls la présence. Mais je ne doute pas que dans peu d'années, grâce à l'administration intelligente de l'Angleterre, ces pays tout nouveaux encore soient ouverts au commerce et à l'industrie. Ces riches gisements seront alors une nouvelle source de fortune pour les colons.

Bien que chère, la main-d'œuvre chinoise est relativement très bonne; mais il serait indispensable d'arriver à faire comprendre aux coolies que par leurs procédés de travail, ils perdent la majeure partie de leurs efforts. Déjà ils ont admis la machine à vapeur; en agissant avec beaucoup de patience, on leur fera certainement adopter, dans un avenir plus ou moins éloigné, la pelle, la pioche et la brouette, au lieu de leurs ridicules outils.

LÉGENDE EXPLICATIVE

DES PLANCHES VIII, IX ET X.

Planche VIII.

Carte à petite échelle de la presqu'île de Malacca.

Esquisse géologique et minière du district de Kinta, à l'échelle de 1/200000e.

Planche IX.

Fig. 1. — Coupe transversale théorique de la vallée de Kinta.

Fig. 2 et 3. — Coupes longitudinale et transversale des gisements d'étain de Pappan (Kinta).

Fig. 4. — Coupe relevée à Gôping (Kinta).

Fig. 5. — Coupe du gîte d'elvan stannifère du vallon de Tronong.

Fig. 6. — Coupe d'une poche stannifère à Lahat.

Fig. 7. — Coupe des falaises calcaires de Boukit Batou Lôné.

Planche X.

Fig. 1 et 2. — Élévation et plan d'un four malais pour le traitement des minerais d'étain.

M, M', marches en terre battue.
L, bassin de coulée.
P, P', piston de la soufflerie.
R, R' liens en rotang.

Fig. 3. — Vue latérale du même four.

Fig. 4 et 5. — Coupes verticales du même four.

p, *p'*, piquets en bois.
t f, terre fortement battue.
t o, terre battue avec moins de soin.

Fig. 6. — Coupe transversale de la soufflerie d'un four malais.

Fig. 7. — Vue de profil (*a*) et par bout (*b*) d'un lingot d'étain.

Fig. 8. — Petit lingot antérieur à l'arrivée des Européens.

Fig. 9. — Vue de face (*a*) et de profil (*b*) d'une pelle malaise en bois.

Fig. 10 et 11. — Outil malais pour ouvrir et pour reboucher le trou de coulée du four à étain.

Fig. 12. — Plan d'une fonderie malaise.

A, lit pour les ouvriers.
F, four de réduction.
S, soufflerie.
T, trou à sable.
R, ruisseau canalisé dans un chenal en troncs d'arbres.

Fig. 13 et 14. — Élévation et coupe verticale d'un four siamois pour le traitement des minerais d'étain.

Fig. 15. — Exploitation des alluvions stannifères par la méthode chinoise.

H, humus.
Al, alluvions.
c, lentilles de minerai.
k, kong.
St, stérile rejeté.
E, escalier en tronc d'arbre.

Fig. 16. — Coupe d'une fosse d'exploitation par la méthode malaise.
Mêmes lettres que pour la *fig.* 15.

R, tas de minerai riche.
Sl, sluice.
S, seaux d'épuisement suspendus aux leviers P.
C, contrepoids.

Fig. 17. — Plan d'une exploitation de minerai d'étain par la méthode malaise.

θ, θ', anciens travaux.
T, fosses d'exploitations.
m, habitations.
L, tas de minerai riche.

Fig. 18. — Aqueduc en bois amenant les eaux d'un ruisseau à Klian-Monilé pour le lavage des minerais.

RAPPORT
SUR L'EXPLOSION D'UN PISTON CREUX

AU PUITS DE LA TRONQUIÉ N° 1

DES HOUILLÈRES DE CARMAUX (TARN)

Par M. A. MICHEL-LÉVY, ingénieur en chef des mines.

Le 3 novembre 1885, un piston creux de machine à vapeur a fait explosion au puits de la Tronquié n° 1 des houillères de Carmaux. Un mécanicien a été tué; les dégâts matériels sont insignifiants.

Description du piston. — D'après les faits consignés dans le rapport de M. l'ingénieur en chef des mines Laur, l'explosion s'est produite pendant une réparation faite au piston du frein à vapeur de la machine d'extraction. La vapeur n'est ordinairement admise que sous la face inférieure; la chambre supérieure du cylindre est munie d'un purgeur.

Le piston, en fonte, a un diamètre extérieur de $0^m,547$, une hauteur de $0^m,145$.

Il est creux et comporte six cloisons perforées qui laissent communiquer entre elles les six cavités qu'elles délimitent.

L'épaisseur de la fonte est de 18 millimètres. La tige est fixée dans un cône central tronqué, ayant respectivement des bases de 64 et de 90 millimètres.

A son pourtour sont logés deux anneaux de segments élastiques.

La cavité a un cube approximatif de 17 litres.

Circonstances qui ont accompagné l'accident. — Depuis quelque temps le piston glissait mal dans son cylindre; on procéda, le 2 novembre, à son examen et dans ce but, on le sortit du cylindre et on le posa sur une forte plaque de tôle. Puis on essaya d'enlever les segments à coups de burin.

Comme ces derniers résistaient et se brisaient, le chef des ateliers ordonna de procéder comme d'habitude, et d'allumer un feu de bois autour du piston, pour brûler les corps gras qui engorgeaint les segments.

Pendant l'échauffement, les ouvriers frappaient au pourtour pour ébranler les segments : le chef mécanicien était à $1^{m},20$ du piston; sa tête était à la hauteur du plan médian.

Le feu de bois, qui n'avait pas une grande intensité, était allumé depuis un quart d'heure environ, quand l'accident se produisit : le piston venait de voler en éclats; le chef mécanicien était mortellement frappé à la tête.

Les ouvriers présents affirment que l'explosion s'est produite sans bruit violent, sans détonation.

Étude des débris. — Le piston s'est segmenté en plus de vingt fragments de grosseur très inégale, qui ont été lancés dans tous les sens. Les débris du feu ont été dispersés et comme soufflés par une action centrale; enfin, la plaque de tôle, sur laquelle reposait le piston, a été découpée, comme à l'emporte-pièce, suivant une ouverture circulaire, exactement égale à la section du piston.

M. Laur a remarqué que trois des fissures rayonnent autour d'un petit trou bouché par un goujon de fer, qui paraissait mal fixé et qui a pu établir une communication

entre la chambre supérieure du cylindre et la cavité du piston.

Conclusions de l'ingénieur en chef. — Il conclut en rapportant l'accident à une explosion violente, qu'il considère comme due à une certaine quantité d'eau, ayant pu s'infiltrer dans la cavité du piston creux par le petit trou, mal bouché, qui a été signalé plus haut.

M. l'ingénieur en chef Laur considère, d'ailleurs, comme vicieuse la pratique, adoptée à Carmaux, de chauffer sans précaution les pistons creux des machines à vapeur, mais il ajoute que l'explosion si violente, qui s'est produite, est due à une cause accidentelle qui ne pouvait être prévue, et il est d'avis que l'accident n'engage aucune responsabilité et ne comporte aucune suite judiciaire ou administrative.

Avis du rapporteur. — Le rapport de M. Laur est daté du 17 novembre 1885; lorsqu'il l'a rédigé, il n'avait pas connaissance du mémoire de M. de Grossouvre, qui a été inséré dans la 4e livraison des *Annales des mines*, en 1885.

Nous rappellerons sommairement les faits relatés dans ce mémoire; il indique 5 accidents survenus par le chauffage des pistons creux depuis 1885, et en signale un particulièrement remarquable: le 8 juillet 1869, aux ateliers d'Ivry, un mortaiseur venait de pratiquer une entaille dans un piston creux; il en approcha une lumière; aussitôt une détonation se produisit et il fut brûlé au visage et aux cheveux.

M. de Grossouvre a fait analyser les dépôts contenus dans le piston d'une machine en service depuis 11 ans : ils seraient essentiellement composés de fer oxydulé et contiendraient en outre 3 à 4 p. 100 de matières grasses.

Des faits précédents, M. de Grossouvre conclut qu'il

faut abandonner l'idée que les explosions de pistons creux sont dus à la surchauffe de l'eau infiltrée. Suivant les vraisemblances, cette eau s'est décomposée en hydrogène et en oxygène qui s'est fixé sur le fer et l'a transformé en oxyde magnétique.

Quand on chauffe un piston creux, l'hydrogène peut, à une certaine température, réduire brusquement le fer oxydulé; il y a évidemment lieu de tenir compte, en outre, de la décomposition des matières grasses infiltrées et intimement mélangées à l'oxyde de fer.

Dans sa séance du 6 mai 1885, la commission centrale a émis l'avis que ces faits, encore peu connus, fussent publiés dans les *Annales des ponts et chaussées* et dans les *Annales des mines*, afin de provoquer des recherches nombreuses sur ces phénomènes qui méritent d'être étudiés.

M. l'inspecteur général des mines Jacquot a fait tout récemment analyser, au bureau d'essai de l'École des mines, une poudre brune trouvée dans le piston creux d'une machine à vapeur fixe de Vierzon (Cher). L'analyse a donné les résultats suivants :

Matières grasses	13,60
Matières carbonées, solubles dans la benzine	3,80
Peroxyde de fer	73,80
Oxyde de manganèse	0,60
Silice	3,66
Chaux	1,20
Eau	2,00

L'analyse a été faite, après séparation de morceaux de fer métallique et d'un peu de poudre brune attirable à l'aimant. Chauffée dans un creuset fermé, la matière dégage des gaz qui s'enflamment au contact de l'air (*).

(*) Des expériences récentes, faites par le rapporteur, dans les ateliers de la compagnie de l'Ouest, avec le concours bienveil-

Conclusions. — Les faits qui précèdent rendent très vraisemblable que les explosions des pistons creux sont dues à la décomposition par la chaleur des matières grasses, en quantité souvent considérable, qui pénètrent par capillarité dans la cavité de ces appareils.

Cette distillation produit vraisemblablement un mélange détonant qui s'enflamme, soit au contact des parois rougies, soit par l'action directe des flammes, lorsqu'il existe quelque solution de continuité.

Quoiqu'il en soit, et que les gaz inflammables préexistent dans les cavités des pistons creux, ou ne s'y développent que par un chauffage énergique, il convient de considérer comme dangereuse la pratique qui consiste à chauffer ces pistons, sans avoir préalablement débouché et nettoyé leur cavité intérieure.

A ce point de vue, la publicité donnée, dans les *Annales des mines* et dans les *Annales des ponts et chaussées*, à la note de M. de Grossouvre, paraîtra peut-être insuffisante, et il semble utile qu'une circulaire ministérielle invite les ingénieurs des mines à faire connaître aux industriels intéressés les dangers du chauffage des pistons creux (*).

En conséquence, le rapporteur a l'honneur de sou-

---

lant de M. Clérault, ont permis de recueillir les gaz remplissant la cavité de pistons creux en fonte de locomotives, après un long usage.

Les gaz ne sont pas inflammables, mais contiennent une minime proportion de carbures d'hydrogène qui les rendent odorants. Les dépôts solides sont composés de fer oxydulé et de matières grasses abondantes; ces résultats confirmeraient ceux que M. de Grossouvre avait déjà publiés. Ils démontrent le danger de distiller en vase clos les matières grasses qui ont pénétré par capillarité dans la cavité des pistons creux.

(*) La circulaire ministérielle du 14 avril 1886 (partie administrative, page 149) a répondu à ce vœu, adopté par la commission centrale.

mettre, à l'approbation de la commission centrale, l'avis suivant :

L'accident du 3 novembre 1885 est due à la pratique dangereuse, qui consiste à chauffer les pistons creux de machine à vapeur, sans avoir préalablement débouché et nettoyé leur cavité intérieure.

Il se produit, à l'intérieur de ces appareils, des infiltrations notables de matières grasses, dont la décomposition donne naissance à des gaz inflammables.

Il y a lieu, par M. le ministre des travaux publics, d'adresser aux ingénieurs des mines une circulaire rappelant les accidents dus au chauffage intempestif des pistons creux, et les invitant à faire connaître aux industriels intéressés que ce chauffage doit toujours être précédé du forage d'un trou, et, au besoin, d'un nettoyage complet de la cavité intérieure des pistons.

L'ingénieur en chef des mines, rapporteur,

Signé : A. MICHEL-LÉVY.

Avis de la Commission centrale des machines à vapeur.

La commission centrale, dans sa séance du 4 février 1886, après avoir entendu l'exposé, les observations et les conclusions qui précèdent, et en avoir délibéré, a adopté l'avis proposé par le rapporteur et a émis le vœu que le rapport de M. Michel-Lévy fût inséré aux *Annales des mines.*

OBSERVATIONS

SUR

LE RÉGIME DES VOIES FERRÉES

EN AUTRICHE-HONGRIE

Extrait du Rapport de mission de MM. BRAME, inspecteur général, et WEISS, ingénieur des ponts et chaussées.

DURÉE DES CONCESSIONS.

En Autriche-Hongrie, de même qu'en France, la durée des concessions est limitée et ne peut dépasser 99 ans. Le délai court à partir du moment où tout ou partie de la ligne est mis en exploitation.

Les dates d'expiration des concessions sont très variables d'un réseau à l'autre, et même d'une ligne à l'autre sur un même réseau. Ainsi, pour la Compagnie du Nord (*Kaiser Ferdinand Nordbahn*), que sa situation géographique et financière rapproche du Nord français, elles s'échelonnent du 4 mars 1886 au 6 mars 1966. Nous devons ajouter toutefois que le gouvernement austro-hongrois s'est préoccupé des inconvénients résultant de pareilles divergences, et qu'il profite autant que possible des concessions nouvelles qui lui sont demandées pour remanier et uniformiser les dates d'expiration des concessions antérieures.

A l'expiration de la concession, la propriété du chemin

de fer lui-même, c'est-à-dire la propriété du sol, de la voie et des bâtiments qui en dépendent, est transférée de plein droit à l'Etat. Les Compagnies ne conservent que la propriété du matériel roulant et des ateliers affectés à la construction et à l'entretien de ce matériel.

Telle est la règle générale posée par l'arrêté réglementaire du 14 septembre 1854. En fait, les conventions passées avec les différentes Compagnies renferment à cet égard des clauses très diverses.

Ainsi à l'expiration de la concession des chemins de fer du Midi (*Südbahn*), le matériel roulant et le mobilier du réseau appartiendront à l'Etat. Il en est de même de certaines lignes appartenant à la Société autrichienne (*Staatsbahn gesellschaft*).

L'acte de concession de la Nordbahn présente une anomalie plus grande encore. La voie ferrée et le matériel roulant appartiennent à la Compagnie à *perpétuité*, tandis que la concession accordée à cette Compagnie pour l'exploitation de la partie la plus importante de son réseau expire en 1886. On pouvait donc se demander quelle situation serait faite à la Nordbahn à cette date.

D'après l'avis récent d'une commission composée de représentants des Ministères du Commerce, des Finances et de la Justice, le droit de propriété perpétuelle de la Compagnie est incontestable. Mais il n'en résulte nullement que l'Etat soit obligé de prolonger purement et simplement la concession.

Il est, au contraire, en droit de mettre des conditions à cette prolongation, et, en cas de désaccord, d'exploiter ou de faire exploiter le réseau de la Compagnie, après l'avoir racheté à l'amiable ou exproprié (*).

(*) La question a été résolue à l'amiable depuis la rédaction du présent rapport. L'État a renouvelé la concession de la Nordbahn, qui a consenti, en échange, à abaisser ses tarifs, à construire un certain nombre de lignes nouvelles et à partager ses bénéfices avec l'État.

SITUATION LÉGALE DU CONCESSIONNAIRE.

En France, le concessionnaire d'un chemin de fer n'a sur le sol du chemin qu'il a construit ou mis en état d'être exploité pour le compte de l'Administration aucun droit de propriété, ni même aucun droit immobilier, qui puisse être qualifié d'usufruit ou d'emphytéose. Les voies de communication consacrées au service du public font, par leur destination, partie du domaine public, et celles qu sont construites par l'Etat ou pour son compte font partie du domaine public national.

Il s'ensuit que le concessionnaire d'un chemin de fer ne peut constituer sur le sol de ce chemin une hypothèque au profit de ses créanciers.

Jusqu'à ces derniers temps, la législation autrichienne, considérant les voies ferrées comme hors du commerce, ordonnait de rayer des registres hypothécaires les immeubles qui étaient incorporés à un chemin de fer. C'est ce qui résulte notamment d'un décret du 8 novembre 1842, aux termes duquel un terrain, acquis en vue de l'établissement d'un chemin de fer, devient un bien public, perd tous les caractères de la propriété privée, et doit être libéré de toutes les charges qui le grevait antérieurement. Il ne peut plus dès lors figurer sur les états cadastraux, ni sur les registres hypothécaires, et doit être affranchi de tout impôt.

La nécessité de consolider le crédit des Compagnies amena une réforme, et une loi du 19 mai 1874 organisa, sur le modèle du régime hypothécaire général, tout un système propre aux voies ferrées.

Chaque chemin de fer, avec toutes ses dépendances et son matériel d'exploitation, forme une unité hypothécaire indivisible, c'est-à-dire que l'hypothèque ne frappe pas telle ou telle portion restreinte, mais l'ensemble de la ligne.

Les hypothèques sont attachées aux obligations ; elles prennent rang dans l'ordre de leur inscription et ne sont primées que par certaines créances privilégiées, savoir : 1° celles qui ont pour cause les dépenses nécessaires à l'exploitation normale de la ligne ; 2° celles qui résultent de taxes perçues intégralement par la Compagnie en faillite à l'occasion de transports faits en commun avec une autre Compagnie.

Encore faut-il, pour que le privilège s'exerce, que les créances n'aient pas plus d'un an de date au moment de la déclaration de la faillite ou du séquestre.

Plusieurs des dispositions de cette loi semblent impliquer que les concessionnaires sont, pendant la durée de leur concession, considérés comme propriétaires des lignes qu'ils exploitent.

Il est bien entendu, d'ailleurs, que ce droit de propriété est limité par les droits de l'Etat, et qu'une Compagnie ne pourrait pas changer l'affectation d'un chemin de fer, en lui donnant une destination autre que celle qui a été prévue dans l'acte de concession.

L'Etat a le droit de prononcer la déchéance d'une Compagnie, si elle n'observe pas les délais expressément stipulés dans le cahier des charges pour l'ouverture d'une ligne ou d'une partie de ligne. Dans ce cas, la Compagnie conserve la propriété des terrains achetés et des travaux exécutés par elle ; mais l'Etat peut l'exproprier et concéder l'achèvement de la ligne à une autre entreprise.

Lorsqu'une Compagnie refuse d'obéir aux injonctions réitérées des autorités compétentes, et lorsqu'elle viole les prescriptions essentielles de son cahier des charges ou des règlements généraux sur l'exploitation, le Ministre du Commerce peut séquestrer la ligne aux risques et périls de la Compagnie.

PRÉSENTATION DES PROJETS.

Les formes à suivre pour la rédaction et la présentation des projets sont réglées, dans tous leurs détails, par un arrêté ministériel du 4 février 1871.

L'autorisation préalable, nécessaire à une Compagnie pour commencer l'étude d'un tracé sur le terrain, est donnée pour trois mois. Avant l'expiration de ce délai, la Compagnie est tenue de présenter au Ministre du Commerce un projet sommaire, comprenant :

1° Une carte au 288 000e de l'Institut militaire géographique avec indication approximative du tracé ;

2° Une esquisse du profil en long ;

3° Une estimation sommaire de la dépense ;

4° Un rapport sur les avantages de l'entreprise.

Si l'avant-projet est pris en considération, la Compagnie obtient une prolongation d'autorisation et peut ainsi préparer le projet de tracé et de terrassements. Ce projet doit être joint à la demande en concession, et composé des pièces suivantes :

1° Une carte générale ;

2° Une carte topographique au 28 000e ;

3° Un plan à l'échelle de 1/2880 ou de 1/2000 (1/5000 *dans les pays peu accidentés*), avec courbes de niveau et indication des ouvrages d'art projetés ;

4° Un profil en long d'ensemble au 100 000e pour les longueurs et au 2 000e pour les hauteurs ;

5° Un profil en long spécial au 10 000e ;

6° Une collection de profils en travers (*de* 6 *à* 20 *par lieue*), à l'échelle de 1/200 ou 1/288 ;

7° Une estimation des dépenses ;

8° Un rapport.

Ce n'est donc pas sur un simple avant-projet que la concession d'une ligne est décidée.

Quant à l'enquête qui doit précéder la concession, elle

présente plutôt le caractère d'une enquête administrative que celui d'une enquête d'utilité publique. Le projet de tracé et de terrassements est simplement soumis à l'examen d'une commission technique présidée par un fonctionnaire du contrôle, et à laquelle sont appelés des représentants du Ministère de la Guerre et des autorités civiles de la province et le demandeur en concession.

Le rôle de la commission est d'examiner le projet au point de vue militaire, administratif, économique et commercial, et de discuter les intérêts et les droits éventuels des sociétés de transports concurrentes. Elle donne son avis sur les variantes en présence et en propose au besoin de nouvelles.

L'Administration fixe provisoirement, d'après l'avis de la commission d'enquête, la direction à suivre pour le tracé, ainsi que les conditions techniques auxquelles la concession doit être subordonnée.

La décision définitive appartient au pouvoir législatif.

L'enquête des stations et l'enquête parcellaire se font dans les mêmes formes, à peu près, qu'en France.

CALCULS ET ÉPREUVES DES PONTS MÉTALLIQUES.

D'après la circulaire ministérielle du 31 août 1870, les surcharges uniformes à admettre par mètre courant de simple voie, dans le calcul des ponts métalliques, s'écartent un peu des chiffres admis en France par la circulaire du 9 juillet 1877.

PORTÉE des TRAVÉES	SURCHARGES UNIFORMES ADMISES	
	EN FRANCE	EN AUTRICHE
	kilog.	kilog.
1	»	20 000
2	12 000	15 000
5	9 800	10 000
20	4 900	5 000
30 et plus	4 300 à 3 000	4 000

Les ponts doivent de plus être calculés en vue du passage d'un train de locomotives dont les essieux seraient chargés de 13 tonnes; et, pour éviter les conséquences désastreuses d'un déraillement sur l'ouvrage, il est prescrit de donner au tablier une résistance suffisante, pour qu'en un point quelconque il puisse supporter une charge de 6 500 kilogrammes.

On voit, d'après le tableau comparatif ci-dessus, que les surcharges d'épreuves sont plus fortes en Autriche qu'en France, notamment pour les grandes travées. Mais par contre le travail maximum du fer est porté à 8 kilogrammes par millimètre carré et ne s'abaisse à 6 kilogrammes que pour les rivets.

La circulaire prévoit, d'ailleurs, le cas des chemins de fer vicinaux à voie étroite et autres cas exceptionnels, où il est permis d'adoucir les conditions de surchages imposées.

Les épreuves de ponts métalliques se font par poids mort et par poids roulant.

Pour les ponts d'une ouverture supérieure à 20 mètres, l'épreuve par poids mort se fait de la manière suivante. On place sur le pont la surcharge uniforme réglementaire indiquée au tableau ci-dessus, et on la fait séjourner au

moins pendant une heure après que les tassements auront cessé de se produire dans le tablier.

Pour vérifier la résistance de l'âme des poutres, le chargement et le déchargement du pont doivent être conduits de telle sorte que les deux moitiés du tablier se trouvent successivement et isolément surchargées.

Si le pont est à travées solidaires, on doit prévoir toutes les combinaisons de surcharges donnant les effets maxima aux différents points de la poutre.

Pour les ponts d'une ouverture inférieure à 20 mètres, il serait matériellement difficile d'obtenir les surcharges réglementaires. Il suffira de faire séjourner, sur le milieu de l'ouvrage, une locomotive produisant le même moment fléchissant maximum que la surchage.

Les épreuves par poids roulant doivent se faire avec des trains, couvrant au moins deux travées et composés de deux au moins des plus lourdes locomotives en service et des wagons à marchandises les plus chargés. Le train d'essai passera d'abord sur le pont à une faible vitesse (15 *kilomètres à l'heure*), puis à la vitesse maximum compatible avec les conditions techniques de la ligne.

DES CONSTRUCTIONS RIVERAINES DES CHEMINS DE FER.

Les règles applicables aux constructions riveraines des chemins de fer ont été posées par les décrets du 22 octobre 1841 et du 28 décembre 1843 et développées dans plusieurs circulaires ultérieures (18 *janvier* 1844, 23 *avril* 1868, 2 *février* 1873).

Aux termes du décret du 28 décembre 1843

1° Toute construction nouvelle à élever dans une distance de 30 toises (56^{m},85) d'une voie ferrée (*) doit être à l'abri de l'incendie (*Feuersicher*).

(*) Cette distance se compte, d'après le décret du 22 octobre 1841, à partir de l'axe de la voie ferrée la plus voisine parcourue par des locomotives.

Différentes circulaires, postérieures au décret de 1843, ont défini ce terme. Il est notamment défendu de pratiquer dans la toiture de ces constructions des ouvertures donnant sur le chemin de fer, à moins de les fermer par des verres dormants.

2° Aucune construction nouvelle ne pourra être élevée dans une distance de 5 toises ($9^m,47$), d'une voie ferrée, à moins que les circonstances locales ne permettent de réduire cette distance, sans compromettre la sécurité de l'exploitation. Dans ce dernier cas, elle devra être autorisée par la Direction générale des chemins de fer;

3° Les constructions, qui se trouvent à une distance inférieure à 10 toises ($18^m,95$) d'une voie ferrée ne peuvent avoir d'issue directe du côté du chemin de fer, si ces issues donnent accès sur la voie. Dérogation peut être faite à cette règle, si les mesures nécessaires ont été prises pour sauvegarder la voie, mais il y faut le consentement de la Direction générale des chemins de fer.

On voit, d'après cela, que les règles posées par le décret de 1843 ne présentent pas ce caractère d'inflexibilité qu'on trouve dans les prescriptions de la loi de 1845 en France. Les servitudes imposées aux propriétés riveraines des chemins de fer ont pour objet, d'une part, d'assurer la conservation de la voie et la sécurité de l'exploitation, et, d'autre part, de protéger les constructions riveraines contre le danger d'incendie.

Si aucun de ces deux intérêts n'est en jeu, la Direction générale des chemins de fer peut adoucir les rigueurs de la servitude.

DES CLÔTURES A ÉTABLIR LE LONG DES VOIES FERRÉES.

Les dispositions réglementaires concernant les clôtures à établir le long des voies ferrées se trouvent : 1° dans l'or-

donnance impériale du 16 novembre 1851 sur l'exploitation des chemins de fer (*Eisenbahn-betriebs-ordnung*), qui porte en son paragraphe 41 que la voie doit être pourvue de clôtures en tous les points où l'Administration jugera qu'une clôture est nécessaire pour prévenir les accidents ; 2° dans une ordonnance du Ministre du Commerce, de l'Industrie et des Travaux Publics, en date du 14 septembre 1854 :

« Lorsqu'un chemin de fer emprunte une route, un pont « ou une digue existante, la Compagnie est tenue d'établir, « le long de la voie, une clôture suffisante pour assurer « la sécurité et conforme au type prescrit par les autorités « compétentes.

« Il y aura lieu d'établir une clôture analogue aux « points où une route traverse la voie ferrée et aboutit à « cette voie, et, en général, en tous les points et notam- « ment aux stations, où des raisons d'ordre et de sécurité « publiques l'exigeront. »

La loi autrichienne ne prescrit donc pas d'une manière générale de clore les voies ferrées. Les Compagnies ont même été dispensées expressément de clore les stations qui ne servent qu'à l'alimentation des machines et ne reçoivent pas de voyageurs, qui se trouvent dans les contrées peu peuplées ou dont l'accès est naturellement difficile en raison des accidents du terrain.

On s'explique ainsi que des lignes, même parcourues par des trains à grande vitesse, ne sont protégées qu'en un petit nombre de points par des clôtures continues.

L'Administration a, toutefois, recommandé à diverses reprises aux Compagnies, d'établir le long des voies ferrées des haies vives pour en interdire l'accès aux personnes et aux animaux, et de protéger, en certains points, ces voies contre l'amoncellement des neiges ou les inondations par des plantations faites sur le talus ou latéralement à l'emprise.

Les plantations nécessaires pour assurer la sécurité de l'exploitation doivent être établies dès la construction des lignes nouvelles et complétées peu à peu sur les lignes en exploitation.

Elles sont, comme les clôtures, à la charge des Compagnies, le concours des riverains étant entièrement facultatif.

PASSAGES A NIVEAU.

Un très grand nombre de passages à niveau sont manœuvrés à distance. Les barrières de ces passages sont du type à bascule avec contrepoids. La manœuvre en est faite généralement à l'aide d'une transmission mécanique, très exceptionnellement par l'intermédiaire de l'électricité.

En raison de la délicatesse de leurs organes et de l'élévation de leur prix de revient, les barrières électriques ne paraissent pas susceptibles de nombreuses applications.

Les mêmes objections peuvent être faites à un système de barrières imaginé par M. Rothmüller, constructeur à Vienne, où la manœuvre à distance s'obtient en faisant le vide dans un tube de transmission. Ce système n'a du reste pas encore été consacré par l'expérience.

Aux termes d'une circulaire du 4 janvier 1851, les Compagnies sont dispensées de placer des contre-rails aux passages à niveau où ne circulent que des voitures faiblement chargées. L'emploi d'un contre-rail n'est obligatoire qu'à la traversée des routes importantes.

LARGEUR DE LA PLATE-FORME.

La largeur de la plate-forme des lignes autrichiennes est, en général, un peu plus faible que celle des lignes françaises.

Voici par exemple les dimensions réglementaires sur les lignes de la Société autrichienne.

En simple voie, la largeur en couronne dans le cas d'un remblai est de $5^m,75$ répartis comme suit :

Largeur à la surface du ballast.	$3^m,50$
Deux talus de ballast.	1, 35
Deux banquettes	0, 90
Total.	$5^m,75$

Dans le cas d'un déblai la largeur se réduit à $4^m,85$, non compris les fossés, savoir :

Largeur à la surface du ballast.	$3^m,50$
Deux talus de ballast.	1, 35
Banquettes.	»
Total.	$4^m,85$

Sur les lignes à double voie, les largeurs de la plate-forme en remblai et en déblai sont respectivement de $9^m,25$ et de $8^m,35$ non compris les fossés.

Pour les tranchées à ouvrir dans le rocher, le type habituellement suivi dans le cas d'une simple voie comprend :

Largeur entre fossés, au niveau du rail (avec murettes pour soutenir le ballast).	$3^m,50$
Deux fossés de $0^m,50$.	1, 00
Deux banquettes de $0^m,30$ au delà du fossé. . .	0, 60
Largeur totale au niveau du rail.	$5,^m10$

Dans le cas d'une double voie, cette largeur est portée à $8^m,60$, y compris deux fossés de $0^m,50$ en gueule.

RAILS.

Les rails généralement employés sont du système Vignole. Les voies entièrement métalliques ne sont employées qu'à

titre d'exception. La Société autrichienne a cependant fait l'essai du système de Serres et Battig, qui a été décrit dans la *Revue générale des chemins de fer*, et qui paraît appelé à rendre de bons services dans les gares, où l'assainissement de la plate-forme est difficile et où il importe d'éviter un renouvellement trop fréquent des traverses.

Les types que l'on rencontre le plus fréquemment sont : le rail Vignole en fer de 36 kilogrammes par mètre courant et de 6 mètres de longueur, et le rail Vignole en acier de 33 kilogrammes par mètre et de 9 mètres de longueur.

Ce ne sont là toutefois que des dimensions moyennes, qui varient non seulement d'une Compagnie à l'autre, mais même sur les différentes lignes d'une même Compagnie.

Ainsi on trouve sur les lignes de la Société autrichienne les dix types suivants :

	RAILS VIGNOLE EN FER							RAILS VIGNOLE EN ACIER		
Poids par mètre courant.....	19k,65	26k,20	32k,60	35k,40	36k,10	37k,20	36k,93	38k,00	33k,00	32k,10
Longueur normale.	5m531	5m69	5m69	5m69	5m69	6m00	6m95	6m95	9m00	6m95

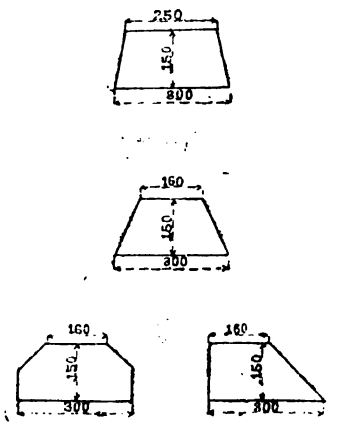
LORRYS.

Le maniement des rails en acier de 9 mètres de longueur, dont le poids atteint 300 kilogrammes environ est facilité par l'emploi d'un lorry spécial imaginé par M. Maader, Ingénieur de la Compagnie, et auquel on a donné le nom de Maaderon. Ce lorry, figuré sur la planche XI, *fig.* 12 et 13, se compose d'une plate-forme montée sur deux petites roues comme un vélocipède et qui est disposé pour circuler sur un seul rail. Deux hommes suffisent à le pousser et à le maintenir en équilibre sur le rail. Quand un train survient, il est facile de le renverser sur l'accotement.

On emploie également des lorrys à trois roues, dont la planche XI, *fig.* 10 et 11, indique les dispositions.

TRAVERSES.

Les traverses de joint, sur les lignes de la Société autrichienne, ont une longueur de $2^m,50$, une hauteur de $0^m,15$, une largeur de $0^m,25$ à la partie supérieure et de $0^m,30$ à la base (*fig.* 1). Elles tendent à disparaître, les joints étant aujourd'hui toujours établis en porte-à-faux.



[Fig. 1.

Les traverses courantes ont également une longueur de $2^m,50$, une hauteur de $0^m,15$ et présentent l'un des profils indiqués sur les figures 2, 3 et 4.

Elles sont espacées de $0^m,86$.

MAINTIEN DE L'ÉCARTEMENT DES RAILS DANS LES COURBES.

Dans les courbes à faible rayon, le maintien de l'écartement des rails est souvent assuré par des tringles transversales espacées de 3 mètres en 3 mètres.

HECTOMÉTRAGE.

Sur toutes les lignes autrichiennes où nous avons eu

l'occasion de circuler, nous avons pu constater que les hectomètres étaient indiqués d'une façon très apparente. Sur les lignes françaises, le kilométrage seul est obligatoire, et les piquets hectométriques, quand il y en a, sont rarement visibles pour le mécanicien.

SYSTÈME D'EXPLOITATION.

L'exploitation des chemins de fer en Autriche se fait généralement, comme en France, d'après le système de la voie ouverte.

Les signaux avancés des stations sont normalement placés à voie libre, comme si un train était attendu et ne sont mis à l'arrêt que si une manœuvre ou un obstacle s'oppose à l'entrée dans la gare.

Tous les trains sont annoncés, en pleine voie et dans les stations, par les appareils électriques à cloche, dont l'emploi a été rendu obligatoire sur toutes les lignes d'intérêt général du réseau autrichien, qu'elles soient à simple voie ou à double voie.

L'exploitation se fait d'ailleurs à peu près partout à voie unique. Seules, quelques grandes lignes, celle de Vienne à Trieste par exemple, sont établies à double voie.

Sur la ligne de Vienne à Pesth, qui appartient au réseau de la Staatsbahn, on n'a mis à double voie que les sections les plus chargées. Encore a-t-on laissé subsister sur l'une de ces sections deux points d'étranglement, l'un à la traversée d'un viaduc, l'autre à la traversée d'un tunnel, où la plate-forme ne présente pas une largeur suffisante pour le passage de deux trains à la fois.

La pose de la voie en ces deux points est assez bizarre. Au lieu d'aiguiller l'une des voies sur l'autre, on s'est borné dans l'un des cas à réduire la largeur de l'entre-voie à $0^{m},50$ environ, dans l'autre cas à faire chevaucher l'un sur l'autre les deux rails intérieurs (*fig.* 2).

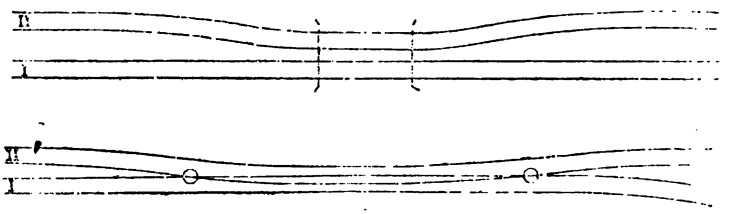


Fig. 2.

Cette disposition, qui évite d'ailleurs tout danger de déraillement, pourrait donner lieu à des collisions de trains, si le point d'étranglement n'était protégé dans les deux sens par des signaux à distance enclenchés de manière qu'ils ne puissent être mis simultanément à voie libre.

VITESSE DES TRAINS.

La vitesse de marche des trains en Autriche est en général plus faible qu'en France et en Angleterre.

La vitesse commerciale des trains express ne dépasse guère 43 kilomètres à l'heure, et celle des trains omnibus 30 à 35 kilomètres. Cela tient d'une part au peu d'exigence du public, et d'autre part au profil accidenté de la plupart des lignes à grand parcours.

La grande ligne de Vienne à la frontière de Roumanie par Marchegg, Pesth et Temeswar fait toutefois exception à cette règle. Les trains express y circulent couramment avec une vitesse de 50 kilomètres, et l'un des trains qui mettent en communication la capitale de la Hongrie avec celle de l'Autriche marche même à raison de 56 kilomètres à l'heure. Il est vrai de dire que sur cette ligne les déclivités ne dépassent 3 millimètres par mètre que tout à fait exceptionnellement, ce qui permet aux machines à marchandises de remorquer jusqu'à 70 voitures avec un chargement total de 900 tonnes.

COMPOSITION DES TRAINS.

Les règles à suivre pour la composition des trains sont posées dans l'ordonnance impériale du 16 novembre 1851 (*Betriebsordnung*) qui correspond à l'ordonnance française de 1846.

Dans aucun cas, un train ne devra contenir plus de cent essieux s'il doit marcher avec la vitesse d'un train de voyageurs (*), ni plus de deux cents essieux, s'il doit marcher avec la vitesse d'un train de marchandises.

Chaque train devra contenir le nombre de freins prescrit par les instructions, d'après les conditions de pente de la ligne et le poids des trains.

Dans chaque train, les wagons de voyageurs et les wagons de marchandises doivent être rangés de manière à obtenir la plus grande sécurité possible pour les personnes. Entre la machine et le premier wagon à voyageurs, on placera toujours une voiture au moins ne contenant pas de voyageurs.

La composition du train doit être vérifiée avant le départ.

On ne devra jamais charger de bois de charpente sur un train contenant des voyageurs.

La locomotive doit être en tête du train, hormis le cas d'urgence. Mais dans ce cas, la vitesse de marche ne devra pas dépasser la moitié du maximum réglementaire.

En général, le tender ne doit pas précéder la locomotive. Exception peut être faite à cette règle, dans le cas où une locomotive est envoyée au-devant d'un train en détresse,

(*) La vitesse maximum des trains de voyageurs a été fixée par l'ordonnance de 1851 à 53 kilomètres par heure et portée par une circulaire de 1862 à $75^{km},8$.

La vitesse maximum autorisée pour les trains de marchandises est de $37^{km},9$ par heure.

ou dans le cas où il s'agit de trains de ballast, d'une inspection de la voie ou de manœuvres de gare.

Il est défendu de placer, en tête d'un train affecté au transport de voyageurs, soit un chasse-neige, soit un wagon destiné à briser le verglas.

En général, un même train ne doit être remorqué que par une seule locomotive.

Il peut être fait exception à cette règle :

1° Sur des rampes locales ;

2° En cas de mauvais temps ou d'avarie à la machine ;

3° Dans le cas où une machine de secours est nécessaire.

Quand deux locomotives sont attelées à un même train, c'est au mécanicien de la première machine à régler la marche et à faire les signaux nécessaires.

Sur des rampes locales, il est permis exceptionnellement d'employer trois machines, deux en tête et une en queue.

ESPACEMENT DES TRAINS.

Lorsque deux trains sont expédiés successivement d'une station dans la même direction, l'intervalle de temps minimum à ménager entre les deux départs est de 15 minutes, si le premier train est un train de marchandises et le deuxième un train de voyageurs, — de 10 minutes si les deux trains sont des trains de voyageurs, — de 5 minutes, si le premier train est un train de voyageurs et le deuxième un train de marchandises.

Pendant leur marche, deux trains consécutifs doivent toujours conserver un espacement de 500 toises (947 mètres).

Les gardes échelonnés sur la voie sont spécialement chargés de veiller au maintien de cet espacement.

Sur les réseaux de la Südbahn et de la Staatsbahn, ils sont tenus, immédiatement après le passage des trains, de planter soit dans le ballast, soit dans une douille ménagée

à cet effet, un disque emmanché à l'extrémité d'un bâton et dont l'une des faces est peinte en rouge. La face rouge du disque doit être tournée, bien entendu, de manière à couvrir le train qui vient de passer, et ce signal est maintenu jusqu'à ce que l'intervalle de temps réglementaire soit écoulé ou que le garde ait pu constater que le train dépassé le passage à niveau suivant.

Cette consigne, qui réalise une espèce de block-system élémentaire, paraît plus facile à observer et présente plus de garantie que la consigne française, aux termes de laquelle les gardes doivent toujours être prêts à faire le signal d'arrêt pendant les dix minutes qui suivent le passage d'un train.

Les barrières doivent d'ailleurs être fermées cinq minutes avant l'heure du passage des trains.

EXPLOITATION COMMERCIALE.

Tarifs. — Depuis le mois d'octobre 1876, toutes les Compagnies austro-hongroises, sauf la Südbahn, ont adopté un mode uniforme de classification et de tarification des marchandises qui a permis de supprimer les nombreux tarifs spéciaux dont elles étaient encombrées.

La description de ce système, auquel se sont ralliés les chemins de fer de l'État autrichien, a été faite très complètement dans les *Annales des Ponts et Chaussées* (numéro de décembre 1884), par M. Baum, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées. Nous ne nous y arrêterons donc pas, et nous ferons remarquer seulement que les Compagnies austro-hongroises ont pu réaliser ainsi une sorte d'union commerciale qui rend moins sensibles pour le public les inconvénients résultant de la multiplicité des sociétés concessionnaires.

Cartels. — Le même esprit d'union s'est manifesté dans différentes branches du service de l'exploitation.

Lorsque les longueurs de deux voies ayant les mêmes

points de départ et les mêmes points d'arrivée diffèrent de moins de 15 p. 100, ces voies sont considérées comme capables d'entrer en concurrence. Il intervient alors presque toujours entre les Compagnies en présence, une convention amiable, un *cartel*, destiné à répartir entre elles le trafic total de la direction considérée, d'après les facilités d'exploitation et de traction que chacune d'elles présente et les avantages qu'elles peuvent offrir au public.

Clearing-house. — En Autriche comme en Hongrie, un clearing-house général où les différentes Compagnies sont représentées proportionnellement à l'importance de leur trafic est chargé de la ventilation des recettes perçues pour les transports communs.

En outre, un clearing-house spécial est chargé de faire la répartition des produits des lignes concurrentes d'après les cartels intervenus.

Quant aux transports communs intéressant à la fois des lignes autrichiennes et des lignes hongroises, le travail de répartition est confié à des délégués pris dans les clearing-house des deux pays.

Pertes et avaries de route. — La même centralisation existe en matière de réclamations pour pertes et avaries de marchandises en cours de route. Toutes les réclamations de cette nature sont adressées à un bureau central qui les examine et détermine les responsabilités encourues par les différentes Compagnies qui ont participé au transport. La présidence de ce bureau a été donnée à la Westbahn, et appartient aujourd'hui à l'Administration des chemins de fer de l'État autrichien qui a racheté le réseau de la Westbahn.

Accidents. — On peut citer dans le même ordre d'idées le syndicat (*Verein*) formé par la plupart des Compagnies austro-hongroises, pour se garantir contre les conséquences souvent désastreuses des accidents d'exploitation.

Toutes les Compagnies peuvent faire partir du syndicat,

à la seule condition de se soumettre à certaines formalités d'inspection de leur voie et de leur matériel.

Quand un accident se produit sur l'une des lignes du Verein, les indemnités sont supportées par toutes les Compagnies au prorata du nombre des essieux kilométriques en circulation sur leur réseau, sauf toutefois une somme d'environ 15 000 francs, qui reste à la charge de la Compagnie sur laquelle l'accident est arrivé.

La présidence de l'association appartient à la Südbahn, qui est chargée de centraliser tous les documents relatifs aux accidents survenus sur les lignes austro-hongroises et de les adresser au gouvernement.

PERSONNEL DE L'EXPLOITATION.

Aux termes du paragraphe 15 de l'ordonnance de 1851 sur l'exploitation des chemins de fer, « les agents des Compagnies doivent toujours être convenables et modestes dans leur rapports avec le public (*Anstand und Bescheidenheit*).» Et ce n'est pas là une vaine formule : tous ceux qui ont voyagé en Autriche ont été frappés de la politesse des employés de chemins de fer et de leur prévenance à l'égard du public.

Le personnel des Compagnies est, du reste, recruté avec le plus grand soin. Ainsi, en Hongrie, pour être admis dans le service de l'exploitation, il faut justifier d'un diplôme de bachelier, ou produire soit un certificat d'études dans un gymnase ou dans une école réale supérieure, soit un certificat du Ministère de la Guerre constatant que le candidat a passé par une école de sous-officiers ou subi avec succès l'examen d'admission au grade d'officier.

CAISSES DE SECOURS.

Les caisses de secours pour les agents inférieurs (*Diener* sont alimentées moitié par les agents, moitié par la Compagnie elle-même.

Les ouvriers employés en régie participent aux avantages de cette caisse, moyennant un prélèvement obligatoire de 2 p. 100 sur leur salaire.

Les indemnités pour accidents de peu d'importance sont payées par la caisse de secours ; en cas d'accidents graves, elles sont entièrement à la charge de la Compagnie.

STATIONS.

Aspect extérieur des gares. — Les gares autrichiennes se distinguent par leur propreté, leur bon état d'entretien et un certain air de gaieté qu'elles doivent à des plantations grimpantes judicieusement faites le long des marquises intérieures, aux parterres de fleurs qui les entourent et aux buvettes que l'on installe jusque sur les quais de départ élargis à cet effet.

Ouvertures des salles d'attente. — Les salles d'attente sont généralement ouvertes, et les voyageurs peuvent pénétrer sur les quais sans billets sur quelques lignes, avec billets spéciaux d'une valeur de 10 kreutzer ($0^f,25$) sur d'autres lignes.

Télégraphe. — Presque toutes les gares sont ouvertes à la télégraphie privée, moyennant un supplément de taxe de 50 p. 100 qui est versé dans la caisse du chemin de fer.

Trottoirs. — En général il n'y a pas de trottoirs élevés au-dessus du niveau des rails. Les voitures peuvent ains s'approcher plus facilement des trains ; et l'on réalise en outre une certaine économie.

L'usage des passages inférieurs pour éviter aux

voyageurs la traversée à niveau des voies dans les gares est pour ainsi dire inconnu en Autriche.

Entretien des gares. — Sur plusieurs réseaux, le balayage et le nettoyage des salles d'attente et des vestibules des gares sont exécutés à forfait par les femmes des ouvriers employés dans la gare. Elle reçoivent pour cette besogne, qui doit être renouvelée autant que possible après chaque départ de train, une rétribution de 1 kreutzer (0f02) par mètre carré de surface nettoyée.

La Südbahn a poussé plus loin ce mode d'exécution à forfait. Tous les travaux auxquels peut donner lieu l'exploitation d'une gare, le chargement et le déchargement des wagons, le transbordement et le remisage des marchandises, la manutention et l'enregistrement des bagages et des articles de messagerie, le triage et le classement des wagons, les opérations qui, sans rentrer dans l'une des catégories précédentes, exigent le concours du personnel de la gare, tous ces travaux, disons-nous, sont tarifés d'avance et exécutés au prix du tarif par les employés et ouvriers de la gare réunis en association.

Les membres de l'association sont solidairement responsables de l'exécution des travaux qui leur incombent, ainsi que de l'entretien du matériel qui leur est confié par la Compagnie.

Ils se recrutent eux-mêmes, et peuvent, le cas échéant, s'adjoindre des auxiliaires.

Toutefois, le chef de gare qui est chargé de représenter l'Administration du chemin de fer, doit veiller à ce que l'association soit composée d'ouvriers capables, et il a le droit de désigner, au besoin, ceux qui en doivent faire partie. La Compagnie garantit un minimum de salaire aux membres de l'association. Si, après le payement des salaires et autres dépenses à la charge de l'association, il reste un excédent, cet excédent est réparti de la manière suivante :

a. 5 p. 100 sont distribués aux ouvriers permanents, au prorata de leur salaire fixe.

b. 25 p. 100 aux agents et employés de la gare qui participent aux travaux de l'association et contribuent à la bonne exécution de ces travaux.

c. 30 p. 100 sont versés dans la caisse du chemin de fer.

d. 40 p. 100 sont affectés au fond de réserve.

Doivent, en général, participer aux primes d'économie :

1° Le chef de gare, quand il surveille personnellement le service du triage et du classement des wagons ;

2° Les agents occupés au triage ;

3° Ceux qui surveillent le service extérieur des magasins ;

4° Les chefs des dépôts de voitures ;

5° Les surveillants des magasins ;

6° Les aiguilleurs.

Si les recettes de l'association sont insuffisantes pour payer aux ouvriers permanents leur salaire, les insuffisances sont prises sur le fonds de réserve. En cas d'épuisement de ce fonds, la Compagnie avance la somme nécessaire qui lui est remboursée sur les bénéfices ultérieurs.

Eclairage des aiguilles dans les gares. — Les aiguilles dans les gares sont généralement munies, de nuit comme de jour, d'indicateurs de direction. Ces indicateurs sont d'ailleurs toujours installés à peu de hauteur au-dessus du sol de manière à ne pas se confondre avec les signaux des voies principales.

Traverses de protection. — En tous les points de jonction de deux voies de gare B et C, des traverses T peintes en blanc sont disposées à fleur de terre dans l'angle du croisement et marquent le point auquel un train circulant sur la voie C doit s'arrêter pour ne pas être frôlé par un train qui suivrait la voie B (*fig.* 3).

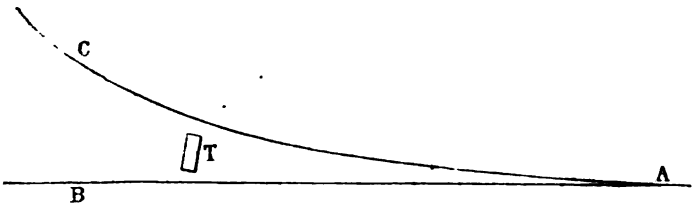


Fig. 3.

Ces traverses qui sont placées extérieurement aux rails sont visibles de loin, et peuvent être aperçues même par le mécanicien d'un train qui refoulerait sur la voie C.

Elles sont d'un usage très général en Autriche où elles rendent de grands services dans les manœuvres de gare, et nous en avons vu également de nombreuses applications en Allemagne et en Belgique.

CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL

Arrêté ministériel du 1er *août* 1883, *portant règlement sur l'exploitation des chemins de fer d'intérêt local.* — Par un arrêté en date du 1er août 1883, le Ministre du Commerce a notifié aux Compagnies autrichiennes un règlement d'exploitation qui devra être mis en vigueur à partir du 1er janvier 1884, sur tous les chemins de fer d'intérêt local de la monarchie (*chemins de fer dits secondaires, vicinaux, etc.*).

Par les facilités qu'il donne pour l'exploitation économique des lignes à faible trafic, cet arrêté nous semble présenter un intérêt tout spécial.

Le règlement *in extenso* en allemand est annexé au présent rapport : nous nous bornons à indiquer ici les principales simplifications qu'il apporte aux règlements des chemins de fer d'intérêt général.

Gabarit de la voie. — Le gabarit de la voie doit être

réglé de telle façon qu'entre le bord intérieur des rails et le ballast, il y ait toujours un intervalle d'au moins $0^m,20$, et que le niveau du ballast entre les rails ne dépasse pas de plus de $0^m,08$ le niveau du rail. La distance entre le bord extérieur du rail et le talus voisin doit être d'au moins $0^m,80$ en hiver, afin de permettre le passage des chasse-neige. En été cette distance peut être réduite à $0^m,50$. L'inclinaison des talus vers la voie ne doit pas être inférieure à 45°.

Ces règles sont résumées dans le profil ci-joint (*fig.* 4).

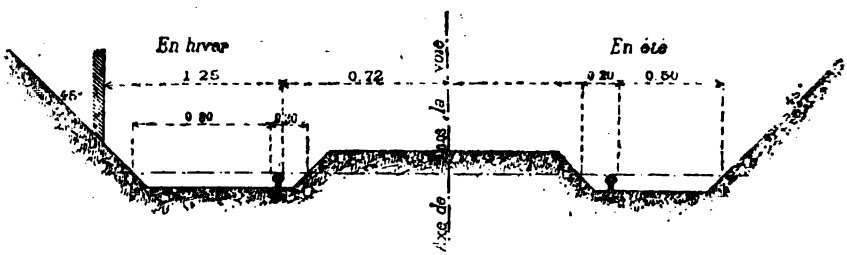


Fig. 4.

Aucun obstacle vertical ne sera toléré à moins de $1^m,25$ du bord intérieur du rail.

Clôtures. — L'établissement de clôtures en pleine voie ou dans les gares et de barrières aux passages à niveau n'est pas obligatoire, à moins qu'il n'en soit ordonné autrement par le Ministre du Commerce, en raison de circonstances locales.

Signaux. — Les Compagnies ne sont tenues d'installer sur les chemins de fer d'intérêt local ni signaux d'aiguilles, ni télégraphes électriques ou optiques, ni signaux à cloche.

Le règlement de signaux qui accompagne le règlement d'exploitation ne vise que les signaux à la main et les signaux de train.

Composition des trains. — En général la locomotive

doit être placée en tête du train ; la traction peut d'ailleurs se faire par machine en avant ou par machine en arrière.

Lorsque la vitesse maximum du train ne dépasse pas 25 kilomètres à l'heure, les Compagnies sont dispensées, dans les deux cas indiqués ci-après, d'intercaler un fourgon entre la machine et le premier wagon occupé par des voyageurs : 1° sur les lignes dont les déclivités sont inférieures à $0^m,010$, quand le train ne contient pas plus de douze essieux ; 2° sur les lignes dont les déclivités dépassent $0^m,010$, quand le train n'en contient pas plus de huit.

Ces règles peuvent d'ailleurs être tempérées par l'Inspection générale.

Il n'est pas nécessaire que le chef de train prenne place dans le premier wagon qui suit la locomotive ; il suffit qu'il puisse communiquer avec le mécanicien.

En général, le dernier wagon du train doit être muni de freins et monté par un conducteur. Il est permis toutefois de placer, derrière le dernier wagon muni de freins, un wagon qui en est dépourvu, à condition d'y adapter la nuit les signaux réglementaires.

Les Compagnies ne peuvent s'écarter de ces règles qu'avec le consentement exprès de l'Inspection générale.

Dans les trains mixtes, les wagons destinés au transport des voyageurs doivent être placés autant que possible dans la seconde moitié du train. En aucun cas ils ne pourront être intercalés immédiatement après la machine.

Il est permis de charger des matières inflammables et des liquides corrosifs dans un train de voyageurs, mais les wagons affectés à un transport de cette nature devront toujours être placés derrière les wagons à voyageurs et autant que possible en queue du train.

Nombre et distribution des freins. — Chaque train doit contenir, indépendamment de ceux du tender, un nombre de freins suffisant pour que la fraction du poids du train soumise à l'action des freins soit d'au moins :

1/12e	sur les parties de voie en pente de		0	à	0.002
1/10e	—	—	0.002	à	0.003
1/8e	—	—	0.003	à	0.005
1/7e	—	—	0.005	à	0.010
1/6e	—	—	0.010	à	0.0125
1/5e	—	—	0.0125	à	0.017
1/4	—	—	0.017	à	0.025
1/2	—	—	0.025	à	0.033

Si les déclivités de la ligne dépassent $0^m,033$, chaque paire de roues devra être munie de freins.

Dans le cas où la locomotive serait munie d'appareils spéciaux pour l'arrêt du train, le tableau des freins pourrait être modifié avec le consentement de l'Inspection générale.

Attelage de wagons. — Il est inutile d'ajouter des chaînes de sécurité aux wagons attelés à l'aide de manilles et de tendeurs à vis.

Conduite des trains. — Le service de la machine peut être fait par le mécanicien seul, si l'Inspection générale y consent.

Chaque train doit être monté par des agents en nombre suffisant pour desservir tous les freins exigés par le règlement.

Le nombre des agents accompagnant un train de marchandises peut être réduit à un seul (indépendamment du personnel de la machine), si la charge remorquée et les déclivités de la ligne n'exigent la présence que d'un seul serre-frein.

Le nombre des agents accompagnant soit un train de voyageurs, soit un train mixte dans lequel les wagons de voyageurs sont placés en queue, peut également être réduit à un seul, lorsqu'il existe une communication entre le premier et le dernier wagon de voyageurs.

Circulation des trains. — Il est permis d'arrêter un

train en pleine voie, à des points déterminés d'avance, pour prendre ou laisser des voyageurs ou des bagages.

Il est permis également, à condition de prendre les précautions nécessaires, de laisser des wagons de marchandises en pleine voie pour les faire charger ou décharger sur place. Ces wagons peuvent être refoulés jusqu'à la station voisine par le premier train qui survient.

TRAINS-TRAMWAYS.

En Autriche, les trains de voyageurs et les trains mixtes sont moins nombreux qu'en France. Pour répondre aux besoins toujours croissants du trafic sans accroître outre mesure les dépenses d'exploitation, les Compagnies ont été amenées à mettre en circulation sur certaines sections de leur réseau des trains-tramways composés d'un petit nombre de voitures et permettant de multiplier, à peu de frais, le nombre des départs journaliers dans chaque sens.

Une étude fort intéressante sur les avantages économiques de ce mode d'exploitation et sur les règles à suivre pour son application a été publiée récemment dans les *Annales des Mines* (novembre-décembre 1882) par M. Ernest Polonceau, directeur du matériel de la traction de la Société Autrichienne.

Les trains-tramways sont appliqués dans deux cas bien distincts : 1° pour l'exploitation des lignes à faible trafic (chemins secondaires ou vicinaux); 2° comme trains supplémentaires intercalés entre les trains ordinaires sur des sections de grandes lignes, et spécialement dans la banlieue des grandes villes.

La Société Autrichienne entre autres a donné à ce mode d'exploitation un très grand développement. Le parcours des trains-tramways qui n'était, en 1881, sur son réseau que de 193 249 kilomètres s'est élevé à 806.000 kilomè-

tres en 1883, sans produire aucune diminution dans les recettes de ses trains ordinaires de voyageurs.

Sur les chemins secondaires de cette Compagnie, qui n'ont ni clôtures ni barrières de passages à niveau, les locomotives sont munies aujourd'hui d'un falot spécial doué d'un très grand pouvoir éclairant, et d'un timbre à vapeur que l'on met en action le jour à l'approche des points les plus fréquentés.

Le développement rapide qu'ont pris en Autriche les trains-tramways a, depuis quelques temps déjà, attiré l'attention des Ingénieurs français. Une sous-commission du comité de l'exploitation technique des chemins de fer, composée de MM. Tournaire, Brame, Sévène, Mayer et Heurteau, s'est occupée de la question, et a résumé ses conclusions dans un rapport en date du 27 décembre 1881.

La sous-commission a pensé que l'Administration supérieure prendrait une initiative utile en informant les Compagnies de chemins de fer quelle était disposée :

1° A étendre aux lignes sur lesquelles un service de trains-tramways serait organisé le bénéfice des dispositions du décret du 20 mai 1880, relatives à la mise en circulation des voitures à vapeur, à la suppression du fourgon placé derrière la machine, et à la réduction du personnel accompagnant les voyageurs ;

2° A permettre l'arrêt facultatif des trains en certains points déterminés de la voie, sans installation spéciale, pour y prendre ou pour y laisser des voyageurs sans bagages et sans chiens ;

3° A permettre d'alléger les trains et de simplifier leur service en autorisant la suppression d'une des trois classes ; en affranchissant certains trains de l'obligation de transporter les articles de messagerie, etc. ;

4° A autoriser la traction par machines circulant tender en avant.

Nous ferons remarquer que toutes ces simplifications

sont aujourd'hui autorisées en Autriche, sur les chemins de fer secondaires, par le nouveau règlement d'exploitation qui a été mis en vigueur à partir du 1er janvier 1884, et dont l'analyse a été donnée plus haut. Il y a là une innovation heureuse, que nous croyons devoir signaler.

MATÉRIEL ROULANT.

Le matériel roulant en usage sur les lignes austro-hongroises ne diffère pas notablement du matériel français. Nous appellerons toutefois l'attention des lecteurs des *Annales* sur les dispositions des voitures à intercommunication que la Société Autrichienne a mises en service sur la ligne de Vienne à Prague et dont elle se propose d'étudier l'emploi sur d'autres lignes desservies par des express.

Ce type de voiture figuré sur la pl. XI, *fig.* 3 à 9, nous a paru bien étudié. Il comprend, pour les premières et les secondes classes, un couloir latéral sur lequel s'ouvre les compartiments occupés par les voyageurs. Il réunit ainsi les avantages du système français à compartiments séparés et du système suisse à couloir central, en permettant aux voyageurs soit de s'isoler, soit de se mettre en communication avec leurs voisins. L'adoption de ce type faciliterait la surveillance générale du train et le contrôle des billets, et rendrait les grands voyages moins pénibles pour les personnes malades ou fatiguées.

Nous devons ajouter toutefois que pour éviter de réduire le nombre des places utiles, tout en donnant au couloir une largeur suffisante, il a fallu élargir la caisse de voiture, et munir en conséquence les fenêtres de tringles métalliques pour empêcher les voyageurs de se pencher au dehors.

La pl. XI, *fig.* 1 et 2, reproduit également les dispositions d'un wagon étudié pour trains-tramways.

La planche XII représente un wagon-lit en service sur la ligne de Vienne à Orsava.

CONTROLE EXERCÉ PAR L'ÉTAT SUR LES COMPAGNIES.

Organisation de l'Inspection générale autrichienne. — Le contrôle technique des chemins de fer est confié en Autriche-Hongrie à un corps spécial de fonctionnaires qui porte le nom d'Inspection générale et qui, pour l'Autriche, a été réorganisé par un décret du Ministre du Commerce, en date du 26 août 1875.

L'Inspection générale autrichienne se divise en cinq sections, savoir :

Section I. — Travaux de construction et d'entretien.

Section II. — Mouvement et traction.

Section III. — Exploitation commerciale.

Section IV. — Comptabilité relative à la garantie de l'État.

Section V. — Administration générale.

A la tête de chacune de ces cinq sections est placé un Inspecteur général ayant rang de conseiller à la cour ou de conseiller du gouvernement. Il a sous ses ordres immédiats des Inspecteurs principaux, des Inspecteurs, des Commissaires, etc.

Les attributions des différentes sections sont les suivantes.

1re *section.* — Étude des tracés de lignes nouvelles, examen des plans des travaux neufs, des travaux supplémentaires, des travaux de réfection; surveillance des travaux sur les lignes en construction et sur les lignes en exploitation ; surveillance de l'entretien des lignes en exploitation.

2e *section.* — Surveillance de la construction et de l'entretien du matériel roulant, signaux, surveillance de l'exploitation technique, marche des trains.

3e *section.* — Ensemble du trafic, tarifs, avis à donner sur les questions économiques et de politique commerciale.

4e *section.* — Vérification des comptes de la construction

et de l'exploitation, au point de vue de la garantie de l'État.

5e *section.* — Contrôle du personnel; son assermentation, affaires disciplinaires, examen des ordres généraux de service; direction supérieure des bureaux auxiliaires de l'Inspection générale.

Les différentes sections présentent d'ailleurs une importance très inégale, si l'on en juge par le tableau ci-dessous où nous donnons, pour chacune d'elles, le nombre et le grade des fonctionnaires qui la composent.

État du personnel de l'Inspection générale autrichienne en 1883 *pour un réseau d'environ* 12.500 *kilomètres.*

INDICATION des FONCTIONNAIRES	NOMBRE DES FONCTIONNAIRES APPARTENANT A LA					TOTAUX
	1re section	2e section	3e section	4e section	5e section	
Inpecteurs généraux. .	1	1	1	1	1	5
Inspecteurs principaux.	3	1	1	»	»	5
Ingénieurs en chef... .	1	»	»	»	»	1
Inspecteurs.	5	6	1	1	2	15
Commissaires..	7	10	5	5	»	27
Commissaires adjoints.	7	2	1	2	1	13
Totaux.	24	20	9	9	4	66

Organisation de l'Inspection génerale hongroise. — Notons en passant que l'Inspection générale des chemins de fer de la Hongrie est entièrement distincte de celle de l'Autriche. Elle comprend deux sections :

I. — Exploitation et mouvement.

II. — Construction,

avec 2 Conseillers, 2 Inspecteurs principaux, 11 Inspecteurs, 6 Ingénieurs et 1 Commissaire, en tout 22 fonctionnaires pour un réseau d'environ 6 300 kilomètres.

Les affaires concernant directement ou indirectement

plusieurs sections sont traitées et discutées en séance commune.

Attributions de l'Inspection générale. — Les attributions de l'Inspection générale sont définies par l'ordonnance impériale du 16 novembre 1851, § 75 à 85.

L'Inspection générale est chargée d'assurer la stricte exécution des règlements concernant l'exploitation des chemins de fer, de mettre fin le plus tôt possible aux irrégularités ou contraventions signalées et de faire en sorte que les coupables soient punis conformément à la loi.

Elle doit veiller, en particulier, à la conservation de la voie et de ses dépendances, comme aussi du matériel fixe et du matériel roulant. Elle doit s'assurer qu'il est donné suite aux réclamations fondées du public, et, en cas d'accident ou d'interruption de l'exploitation, elle a le droit d'exiger de la Compagnie et de ses agents les secours les plus rapides et les plus efficaces. Elle donne, enfin, son avis au point de vue technique sur toutes les affaires qui lui sont transmises par le Ministère du Commerce.

Son pouvoir disciplinaire sur les agents des chemins de fer. — L'ordonnance du 16 novembre 1851 a confié aux Inspecteurs généraux un pouvoir disciplinaire direct sur tous les agents des lignes exploitées par l'État ou par les Compagnies (à l'exception des Directeurs ou membres des comités de direction).

Les punitions prévues par l'ordonnance sont les suivantes :

A. *Punitions d'ordre.*

1° L'avertissement ;

2° La réprimande.

B. *Punitions disciplinaires.*

1° Le blâme ;

2° L'amende jusqu'à concurrence d'un mois de traitement ou de solde ;

3° La suspension de service pendant la durée d'une enquête disciplinaire ou judiciaire ;

4° L'exclusion du service.

L'Inspection générale a le droit de prononcer les punitions d'ordre contre tous les agents des Compagnies particulières ; et les punitions disciplinaires, aussi bien que les punitions d'ordre contre tous les agents des lignes de l'Etat.

Les punitions d'ordre, ainsi que les punitions disciplinaires, et même la peine du renvoi pour le personnel des agents inférieurs, peuvent être prononcées directement par un simple commissaire de l'Inspection générale ; le renvoi des autres agents ne peut être ordonné que par un Inspecteur général.

S'il s'agit d'un chemin de fer de l'Etat, la punition est appliquée directement par l'Inspection générale ; s'il s'agit d'une ligne concédée, elle est notifiée à la direction de la Compagnie qui est tenue de l'appliquer.

Pouvoir disciplinaire du Ministre à l'égard des Directeurs des Compagnies. — Si la direction d'un chemin de fer de l'Etat ou d'une Compagnie se refuse à exécuter les décisions ou les ordres de l'Inspection générale, ou qu'elle se rende coupable d'une violation flagrante d'un règlement concernant l'exploitation, l'Inspection générale est tenue d'en informer immédiatement le Ministère du Commerce.

Le Ministre est alors en droit d'appliquer aux directeurs de l'exploitation les peines disciplinaires mentionnées plus haut et, en outre, de traduire les coupables devant les tribunaux compétents.

Les préfets (*Statthalter*) peuvent également mettre les Compagnies en demeure de se conformer, dans un délai déterminé, aux règlements intéressant la sécurité et l'ordre public, à peine d'une amende de 100 à 2.000 florins.

Une punition ne peut être prononcée par l'Inspection générale sans une enquête préalable. La décision doit être motivée. Elle est communiquée à l'intéressé, qui peut se pourvoir devant le Ministre du Commerce, dans les quinze jours qui suivent la notification.

Le recours n'est d'ailleurs pas suspensif, si la peine est celle du renvoi temporaire ou définitif.

Un agent renvoyé à la suite d'une instruction régulière ne peut plus remplir, sur aucun chemin de fer du royaume, l'emploi d'où il a été exclu, à moins du consentement formel du Ministre du Commerce.

Frais de contrôle. — Les dépenses de l'Inspection générale sont payées par l'Etat. Les Compagnies sont tenues toutefois de fournir, aux fonctionnaires du contrôle, ainsi qu'aux autorités civiles, des cartes de circulation, pour leurs tournées de service.

Elles doivent verser, en outre, au Trésor une certaine contribution annuelle fixée par le Ministre compétent et correspondant aux frais supplémentaires de surveillance et de police qu'impose à l'Etat l'existence des lignes de la Compagnie.

Examen des plaintes formulées contre la Compagnie. — Les réclamations relatives à des faits d'exploitation sont rarement adressées au Ministre du Commerce. Elles sont inscrites sur les registres de plaintes qui, aux termes de l'article 11 de l'ordonnance du 16 novembre 1851, doivent être déposées dans toutes les gares. Les plaintes sont transmises au service central de la Compagnie et la suite qui y est donnée est mentionnée sur le registre. L'Inspection générale peut ainsi en prendre connaissance dans la gare même où s'est produite la réclamation.

En cas d'accident, l'Inspection générale et le tribunal compétent doivent être immédiatement prévenus.

Rapport sur les accidents. — Les rapports sur les accidents émanés des services locaux de chaque Compagnie

sont examinés par une commission centrale, composée des chefs de l'entretien, de la traction et de l'exploitation de la Compagnie qui se réunissent tous les quinze jours.

La Compagnie du Sud Autrichien (*Südbahn*) est chargée de centraliser les documents relatifs à tous les accidents survenus sur les chemins de fer de la monarchie. Elle adresse au gouvernement des rapports faits par les Compagnies, par les tribunaux compétents et par l'Inspection générale.

Centralisation du service du contrôle. — Il résulte de l'exposé que nous venons de faire que si, en principe les pouvoirs de l'Inspection générale austro-hongroise sont analogues à ceux des fonctionnaires du contrôle en France, en fait son action ne s'exerce pas de la même façon.

Le service est centralisé à Vienne pour les lignes autrichiennes, à Pesth pour les lignes hongroises, et il n'y a, même dans les gares importantes, aucun agent local du contrôle.

La surveillance de l'Etat qui, en Autriche, s'exerce à distance et d'une façon intermittente, ne semble pas organisée aussi fortement qu'en France, où les agents du contrôle, par leur présence permanente sur les lieux, sont mieux à même de renseigner le gouvernement sur les faits intéressant l'exploitation et la conservation de la voie.

Nous devons ajouter toutefois qu'à certains égards l'Inspection générale est armée de pouvoirs que n'auraient pas les fonctionnaires du contrôle en France. Nous avons vu, par exemple, qu'ils exerçaient un certain pouvoir disciplinaire sur les agents des Compagnies. Nous avons vu également, en analysant le règlement sur l'exploitation des chemins de fer d'intérêt local, que l'Inspection générale peut, dans certains cas, adoucir les règles imposées aux Compagnies. Ainsi elle fixe le nombre maximum d'essieux qui doit entrer dans la composition d'un train ; elle peut

autoriser les Compagnies à réduire le nombre des freins prévus par le règlement, les dispenser d'intercaler un fourgon entre la locomotive et le premier wagon de voyageurs, toutes mesures dont la responsabilité ne serait prise en France que par le Ministre des Travaux Publics.

Contrôle de la gestion financière des Compagnies. Institution de commissaires impériaux. — Indépendamment du droit de contrôle technique qu'il tient du décret impérial du 16 novembre 1851 et dont il a confié l'exercice à l'Inspection générale, le gouvernement austro-hongrois est armé par la patente impériale du 26 novembre 1852 (*relative aux Sociétés*) d'un droit général de surveillance sur la gestion des Sociétés concessionnaires de chemins de fer.

Le paragraphe 22 de cette loi porte : « Sont soumises à « la surveillance du Gouvernement toutes les Sociétés, « celles-là même qui ne sont pas mentionnées aux para- « graphes 1 et 2. Le Gouvernement a le droit de prendre « connaissance de la gestion des affaires de chaque société, « de veiller à l'exécution des prescriptions établies lors de « l'autorisation de la société ou à celle des règlements « généraux : de plus, si cela est reconnu nécessaire, de « déléguer auprès de la société un commissaire impéria- « que désignera à cet effet l'autorité compétente. Le « commissaire doit veiller à ce que la société ne dépasse « pas les limites de ses concessions, et à ce qu'elle obser- « ve exactement les conditions des statuts et les prescrip- « tions générales. »

En ce qui concerne les chemins de fer, ces dispositions n'ont été modifiées en rien par la loi ultérieure du 15 novembre 1867 relative aux sociétés. Le Gouvernement a donc le droit de se faire représenter dans les conseils d'administration des Compagnies par un commissaire impérial délégué qui peut, au besoin, suspendre l'exécution des mesures qu'il jugerait contraires aux intérêts de l'Etat.

La plupart des cahiers des charges des Compagnies mentionnent ce droit, et le Gouvernement en fait usage à peu près sans exception, En Autriche, le chemin de fer de Botzen-Mérau et les chemins de fer privés administrés par l'Etat sont seuls soustraits au contrôle exercé par les commissaires impériaux.

Ces derniers appartiennent le plus souvent au Ministère du Commerce ; exceptionnellement ils sont pris dans le Ministère des Finances ou dans l'Inspection générale.

Paris, le 21 mars 1884.

DES

SIGNAUX DE CHEMINS DE FER

EN AUTRICHE-HONGRIE

Extrait du Rapport de mission de MM. BRAME, inspecteur général, et WEISS, ingénieur des ponts et chaussées.

INTRODUCTION.

Système d'exploitation. — L'exploitation des chemins de fer en Autriche se fait généralement comme en France, d'après le système de la voie ouverte.

Les signaux avancés des stations sont normalement placés à voie libre, comme si un train était attendu et ne sont mis à l'arrêt que si une manœuvre ou un obstacle s'oppose à l'entrée dans la gare.

Tous les trains sont d'ailleurs annoncés, en pleine voie et dans les stations, par les appareils électriques à cloche dont l'emploi a été rendu obligatoire sur toutes les lignes d'intérêt général du réseau autrichien, qu'elles soient à simple voie ou à double voie.

Emploi des cloches électriques. — Les compagnies de chemins de fer, en Autriche, ont résolument appliqué ce système de signaux qui peut, dans une certaine mesure, remplacer les appareils du block-system, et qui assure tout au moins, d'une manière satisfaisante, la sécurité des tra-

versées à niveau. On verra à quel point l'usage s'en est généralisé en jetant les yeux sur le tableau ci-contre qui donne, pour les principales lignes du réseau autrichien, le nombre et l'espacement moyen des appareils à cloche en service, ainsi que les systèmes adoptés.

Cloches électriques en usage en Autriche-Hongrie.

DÉSIGNATION DES COMPAGNIES	LONGUEUR exploitée	NOMBRE DES APPAREILS A CLOCHE					SYSTÈMES EN USAGE (Noms des constructeurs)
		Installés sur colonnes	Sur les maisons de garde	Dans les bâtiments de station	TOTAL	Moyenne par kilomètre	
	kil.						
Chemins de fer d'Aradt-Temessar.	57	2	33	»	35	0,67	Weyrich.
— Aussig-Teplitz.	101	2	129	»	131	1,30	Teirich et Léopolder.
— du Nord de Bohême. . .	181	14	157	6	177	0,98	Weyrich.
— de l'Ouest de Bohême. .	201	1	188	»	189	0,93	—
— de Buschterad.	451	44	301	11	356	0,79	Teirich et Léopolder.
— Charles-Louis.	582	»	523	114	637	1,09	—
— de Transylvanie.	291	22	192	»	214	0,70	—
— Impératrice Elisabeth. .	946	»	1271	236	1507	1,59	—
— du Nord Empereur-Ferdinand.	926		616	208	824	0,89	Teirich et Egger.
Chemin de fer de Kaschau-Oderberg. .	423	6	301	»	307	0,72	Teirich et Weyrich.
— de Lemberg-Czernow-Jassy.	355	7	280	63	350	0,98	Teirich et Egger.
Chemin de fer Central de Moravie et de Silésie.	154	17	108	»	125	0,81	Egger.
Chemin de fer du Nord-Ouest d'Autriche.	1217	49	961	287	1297	1,06	Teirich et Léopolder.
— Société autrichienne privilégiée.	1972	»	2277	482	2579	1,39	—
Chemin de fer de Pilsen-Pries.	266	»	230	»	230	0,86	Teirich et Egger.
— de Raab-Oldenbourg. . .	118	12	62	»	74	0,62	Neuhold.
— de Rakonitz-Protivin (Etat).	145	»	122	»	122	0,84	Schafler.
Chemin de fer du Sud.	2516	460	1810	»	2270	0,90	Teirich et Léopolder, Egger. Schafler, Siemens et Halské.
— de la Theiss.	585	7	485	»	492	0,84	Teirich et Léopolder.
— du Nord-Est de Hongrie.	580	»	334	37	371	0,64	Weyrich.
— de l'Etat Hongrois. . . .	2131	»	1206	»	1206	0,56	Teirich et Léopolder, Schafler. Neuhold.
— de l'Ouest-Hongrois. . .	376	1	286	68	355	0,94	Rommel, Teirich et Léopolder.
— du Vorarlberg.	96	24	82	»	106	1,10	Teirich et Léopolder.
Totaux et moyennes.	14670	668	11954	1512	14134	0,96	

Ainsi, pour un ensemble de lignes comprenant 14 670 kilomètres le nombre moyen des appareils électriques à cloche en usage est de 0,96 par kilomètre ; il correspond à un écartement moyen de $1^{km},04$. En Allemagne, les cloches sont plus rapprochées encore et leur écartement moyen n'est pas supérieur à 950 mètres, ainsi qu'il résulte du tableau ci-après.

Cloches électriques en usage en Allemagne.

DÉSIGNATION DES LIGNES	LONGUEUR exploitée	NOMBRE DES APPAREILS A CLOCHE					SYSTÈMES EN USAGE
		Installés sur bâtis spécial	Sur les maisons de garde	Dans les bâtiments de station	TOTAL	Moyenne par kilomètre	
Chemin de fer industriel d'Aix-la-Chapelle.	27	»	»	»	»	»	
Chemin de fer de l'Etat Badois.	1308	1567	»	»	1567	1,19	Siemens et Halske.
— de Berg et de la Marche.	1316	1485	64	»	1549	1,16	—
— de Berlin à Gorlitz. . . .	337	364	5	»	369	1,06	—
— de Berlin à Hambourg. .	450	190	320	»	510	1,13	—
— de Berlin à Potsdam et à Magdebourg.	260	341	»	53	394	1,51	—
Chemin de fer de Berlin à Stettin. . . .	599	560	24	13	597	0,99	—
— de Brunswick.	388	399	»	»	399	1,11	—
— de Breslau-Scheidnitz et Freiberg.	600	646	»	»	646	1,09	—
Chemin de fer de Breslau à Varsovie. .	55	23	»	7	30	0,54	Horn.
— de Cottbus à Grossenhain.	161	7	144	8	159	0,99	Gurlt.
— de Dortmund-Gronau-Enschede.	96	114	»	»	114	1,18	Siemens et Halske.
Chemin de fer de l'Etat Hanovrien. . . .	839	1178	»	»	1178	1,40	—
— de Cologne à Minden (I).	532	500	215	71	786	1,47	—
— — (II).	460	507	14	21	542	1,18	—
— — (III).	193	269	»	36	305	1,57	Schulze et Koessener.
— Lübeck à Büch et Lübeck-Hambourg. . .	111	13	97	»	110	0,99	Siemens et Halske.

Chemin de fer de la Marche et de Posen.	272	300	»	»	300	1,10	Horn et Gurlt.
— de Magbourg à Halberstadt.	1001	»	»	»	»	»	
Chemin de fer du Mein au Necker. . .	104	118	»	»	118	1,03	Siemens et Halske.
— du Mein au Weser. . . .	199	283	»	»	283	1,42	—
— de Mariembourg à Mlavka.	199	410	»	21	161	0,80	—
Chemin de fer de Nassau.	286	417	»	»	417	1,57	—
— de la basse Silésie et de la Marche.	1636	1102	»	71	1173	65	—
Chemin de fer de Nordh-Erfurt et Munster.	131	119	»	»	119	0,89	—
Chemin de fer de la Haute-Silésie. . . .	1615	1674	»	422	2096	1,29	Horn, Gurlt, etc.
— d'Oels à Guesen.	160	130	»	»	130	0,81	Siemens et Halske.
— de l'Est-Prussien.	2411	1820	»	»	1820	0,75	—
— méridional de l'Est-Prussien.	243	236	»	5	241	0,99	—
Chemin de fer de Posen à Creuzbourg.	202	214	»	»	214	1,09	—
— de la rive droite de l'Oder.	304	347	»	»	347	1,14	—
— Rhénan.	1361	1477	»	»	1477	1,08	—
— de la Saale.	75	75	3	»	78	1,04	—
— de l'Etat Saxon.	1928	2153	261	»	2414	1,28	—
— de la Thuringe.	531	639	»	»	639	1,17	Système spécial.
— de Tilsit-Insterbourg. . .	54	40	»	»	47	0,87	Siemens et Halske.
— de l'Ouest de Holstein. .	93	20	»	»	20	0,21	—
— de l'Etat Wurtembergeois.	1488	1766	»	»	1766	1,18	—
Totaux et moyennes. . . .	22025	21270	1147	728	23145	1,05	

Block-system et postes d'enclenchement. — Les appareils de block-system et d'enclenchement des leviers d'aiguilles et de signaux ont été peu appliqués jusqu'à présent en Autriche. A notre connaissance, il n'existe sur tout le réseau autrichien qu'une demi-douzaine de postes d'enclenchement, soit en service, soit en cours d'exécution, et 60 kilomètres seulement de lignes exploitées par le block-system. En voici d'ailleurs la nomenclature qui nous a été donnée par la Direction de la Société Autrichienne.

Sections de lignes exploitées par le block-system et postes d'enclenchement en service sur les chemins de fer d'Autriche-Hongrie.

DÉSIGNATION DES COMPAGNIES	BLOCK-SYSTEM	POSTES D'ENCLENCHEMENT
Chemin de fer du Nord Empereur Ferdinand.	Système Siemens et Halske exécuté au tronçon : Florisdorf-Vienne sur 13 kilomètres.	Appareil construit par Max Jüdell à Brunswick, et installé à la gare d'Oderberg.
Chemin de fer du Nord-Ouest d'Autriche. . .	Néant.	Appareil du système Schnabel et Henning, installé à la gare de Tetschen.
Compagnie des chemins de fer du Sud.	Néant.	En cours d'exécution ; appareil Schnabel et Henning à la gare de Trieste.
Direction I. R. pour l'exploitation des chemins de fer de l'Etat.	Système Siemens et Halske avec blocage absolu exécuté au tronçon de Vienne à Purkesdorf sur 12 kilomètres.	En cours d'exécution appareil Siemens et Halske à la gare de Linz.
Chemin de fer Empereur François-Joseph.	Système Hattemer et Kohlfürst avec blocage absolu exécuté au tronçon de Prague à Nusle 5 kilomètres.	Appareil Schnabel et Henning établi à la gare de Nusle.
Société autrichienne-hongroise privilégiée des chemins de fer de l'Etat.	Système Siemens et Halske avec blocage absolu : 1° au tronçon de Vienne à Stadlau, sur 10km,5. 2° de la gare de Marchegg à la bifurcation du chemin de la vallée de la Waag. sur 22 kilomètres.	Système Saxby et Farmer ; (ancien type reconstruit par M. Rothmüller à Vienne, installé à la gare de Budapest.
Chemins de fer royaux de l'Etat hongrois.	Néant.	Système Schnabel et Henning installé à l'ancienne gare Budapest. Installation complète du même système projetée pour la nouvelle gare de l'Etat.

On voit d'après ce tableau que les compagnies autrichiennes n'ont pas suivi, jusqu'à présent, l'exemple donné par les chemins de fer anglais et belges. La raison de cette infériorité c'est que le nombre des trains et la densité du trafic sont moins grands en Autriche qu'en Angleterre et en Bel-

gique, et que l'emploi universellement répandu des cloches électriques permet de suppléer, dans une certaine mesure, à l'absence des appareils du block-system.

Les administrations de chemins de fer ont toutefois compris les grands avantages qu'offrent ces appareils pour la sécurité et la régularité de l'exploitation. Sur plusieurs lignes, notamment sur la Südbahn, l'établissement de nouveaux postes de block-system ou de concentration de leviers a été mis à l'étude ; et il est probable que d'ici à quelques années on verra se produire en Autriche une transformation analogue à celle dont on peut suivre à vue d'œil les progrès sur les lignes françaises.

Aucun système nouveau ne s'est fait jour d'ailleurs en Autriche. Ce sont les appareils Siemens et Halske et les appareils Schnabel et Henning, qui paraissent le plus en faveur auprès des administrations autrichiennes.

Signaux à distance électriques. — Par contre l'esprit d'invention des ingénieurs autrichiens s'est porté sur la question si délicate et si complexe de la transmission électrique des signaux.

Les compagnies ont mis en usage ou en expérience sur leurs réseaux un très grand nombre de signaux à distance, manœuvrés soit directement par l'électricité, soit plus généralement à l'aide d'appareils électro-mécaniques.

La diversité même des types que l'on y rencontre prouve que le problème des signaux électriques n'est pas encore complètement résolu ; et la plupart des ingénieurs, avec lesquels nous avons été en rapport, ont manifesté leur préférence pour des signaux purement mécaniques.

Le Ministre du Commerce avait même, par une circulaire du 20 novembre 1870, proscrit entièrement l'usage des signaux électriques pour la protection des stations. Toutefois, en 1872, à la suite des réclamations formulées par un certain nombre de compagnies et en raison des progrès réalisés par la science, il crut pouvoir lever cette

interdiction absolue et autoriser l'emploi des signaux électriques à distance, sous la réserve : 1° que, conformément au règlement général de 1872, le signal à l'arrêt présentât un feu rouge face au train, un feu blanc du côté de la station et que le signal à voie libre fût muni d'une lumière blanche du côté de la voie ; 2° que le signal se mît automatiquement à l'arrêt en cas de dérangement des appareils.

De nombreuses dérogations à cette deuxième règle ont d'ailleurs été autorisées, en raison des perfectionnements résultant de l'emploi des machines d'induction pour la manœuvre des signaux à distance.

Tel est l'état actuel de la question au point de vue administratif.

En fait, vers la fin de l'année 1881, il y avait en service sur les lignes autrichiennes un millier environ de signaux électriques à distance. Les compagnies qui ont fait les applications les plus nombreuses de ces appareils sont les suivantes :

DÉSIGNATION DES LIGNES	NOMBRE des signaux électriques en service	SYSTÈMES ADOPTÉS
Chemin de fer de l'Impératrice Elisabeth	267	Système Schoenbach.
Compagnie autrichienne du Nord-Ouest	249	— Hohenegger.
Société Autrichienne	186	— Schoenbach et et Banowits.
Chemin de fer de l'Etat Hongrois	75	Système Hohenegger, Schoenbach, Banowits, Schaeffler.

Nous décrirons plus loin quelques-uns de ces appareils, en renvoyant pour les autres aux publications françaises qui en ont déjà donné la description.

Uniformité du langage des signaux. — En somme,

à part l'emploi de l'électricité pour la manœuvre des signaux avancés des gares, les appareils en usage en Autriche ne diffèrent pas d'une manière notable des appareils en usage en France. Ce qui fait le caractère spécial du système autrichien, c'est l'uniformité du langage des signaux applicable à toutes les lignes de la monarchie.

L'initiative de cette réforme avait été prise dès 1862 par les compagnies de chemins de fer ; mais elles n'ont pu aboutir à une entente qu'après dix ans de tâtonnements et de négociations.

Le règlement commun (*Signal-ordnung*), aujourd'hui en vigueur, date du 10 février 1877 ; il émane du Ministère du Commerce, pour l'Autriche, du Ministère des Communications, pour la Hongrie, et il est applicable à toutes les lignes de la monarchie.

En raison de l'intérêt que présente ce document, nous en donnerons la traduction *in extenso*.

Nous étudierons ensuite les règles suivies pour son application, notamment sur les lignes de la Société I. R. privilégiée des chemins de fer de l'Etat ; et, après avoir examiné ainsi, dans un premier chapitre, le langage et le mode d'emploi des signaux, indépendamment de leur nature, nous consacrerons les chapitres suivants à la description des différents appareils que nous avons vus fonctionner soit sur les lignes autrichiennes, soit à l'Exposition d'électricité ouverte à Vienne en 1883, et qui n'ont pas encore été portés à la connaissance des ingénieurs français.

CHAPITRE I.

LANGAGE ET MODE D'EMPLOI DES SIGNAUX.

A.— RÈGLEMENT DE SIGNAUX APPLICABLE A TOUS LES CHEMINS DE FER DE L'AUTRICHE-HONGRIE (SIGNAL-ORDNUNG).

I. — SIGNAUX DE PLEINE VOIE DONNÉS A L'AIDE DES CLOCHES.

1. Le train se dirige vers l'extrémité de la ligne.

| • • | • • | • • |

Une volée de deux coups de cloche répétée trois fois à intervalles égaux.

2. Le train se dirige vers l'origine de la ligne.

| • • • | • • • | • • • |

Une volée de trois coups répétée trois fois à intervalles égaux.

3. Le train ne se dirige pas vers l'extrémité de la ligne.

| • • • | • • • | • • • |

4. Le train ne se dirige pas vers l'origine de la ligne.

| • • • • | • • • • | • • • • |

5. Envoyez une machine.

| • • • • • | • • • • | • • • • • |

6. Envoyez une machine avec des ouvriers.

| • • • • • • | • • • • • • | • • • • • • |

7. Arrêtez tous les trains.

| • • • • • | • • • • • | • • • • • | • • • • • |

Un groupe de trois coups suivi de deux coups (••• ••) répété au moins quatre fois.

8. Wagons en dérive.

| ● ● ● ● | ● ● ● ● | ● ● ● ● | ● ● ● ● |

Un groupe de quatre coups répété au moins quatre fois.

9. Réglez les horloges (il est midi).

| ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● |

Douze coups de cloche régulièrement espacés.

10. Le train se dirige à contre-voie vers l'extrémité de la ligne.

| ● ● ● ● ● ● | ● ● ● ● ● ● | ● ● ● ● ● ● |

11. Le train se dirige à contre-voie vers l'origine de la ligne.

| ● ● ● ● ● ● ● | ● ● ● ● ● ● ● | ● ● ● ● ● ● ● |

Les signaux nos 5 et 6 doivent être répétés, une fois seulement, par la station, pour bien montrer qu'ils ont été compris.

II. — SIGNAUX DU PERSONNEL DE LA VOIE.

a. Signal d'arrêt.

De jour.

12. Agiter le drapeau déployé ou tout autre objet face au train.

De nuit.

Présenter le feu rouge de la lanterne face au train ou agiter une lanterne à feu quelconque face au train.

De jour.

13. Planter un disque au milieu de la voie, la face rouge tournée du côté du train.

De nuit.

Installer une lanterne au milieu ou à côté de la voie, le feu rouge du côté du train.

14. Assujetir au moins deux pétards sur le rail placé à droite par rapport à la marche du train.

Les signaux d'arrêt doivent être faits à 600 mètres au moins du point à protéger et doivent être visibles autant que possible à 400 mètres de distance.

b. Signal de ralentissement.

De jour.

15. Présenter face au train le drapeau non déployé, la face rouge du disque ou tout autre objet, en inclinant le bras vers la terre.

De nuit.

Présenter au train la lumière verte de la lanterne.

De jour.

16. Planter le disque dans la banquette de la voie, la face rouge tournée du côté du train.

De nuit.

Placer une lanterne avec feu vert sur la banquette.

Les signaux de ralentissement doivent être faits à 400 mètres au moins du point où le train doit passer avec une faible vitesse, et doivent être aperçus par le train autant que possible à 400 mètres de distance.

c. Signal de voie libre.

De jour.

17. Le garde se place parallèlement à la voie.

De nuit.

Il présente la lumière blanche de sa lanterne.

d. Signal indiquant la rupture d'un attelage.

D jour.

18. Agiter verticalement de haut en bas et de bas en haut le drapeau ou tout autre objet.

De nuit.

Agiter verticalement de haut en bas ou de bas en haut une lanterne avec feu blanc.

Ce signal ne signifie « Rupture d'attelage » qu'en pleine voie.

III. — SIGNAUX FIXES.

a. *Signaux à distance à l'approche d'une station ou d'une bifurcation.*

19. Signal d'arrêt.

De jour.

La face rouge du disque est tournée du côté du train ; le bras du sémaphore est placé horizontalement, à droite par rapport au sens de la marche du train.

De nuit.

Une lumière rouge du côté du train, et, comme moyen de contrôle, une lumière blanche du côté de la station ou de la bifurcation.

20. Signal de voie libre.

De jour.

Le disque est effacé, le bras du sémaphore est incliné de 45° vers le haut, à droite par rapport au sens de la marche du train.

De nuit.

Feu vert du côté du train et, comme moyen de contrôle, feu vert également du côté de la station ou de la bifurcation.

Les signaux à distance sont munis de sonneries électriques de contrôle qui tintent pendant que le disque est tourné à l'arrêt.

Tout signal qui n'est pas éclairé de nuit doit être considéré comme signal d'arrêt.

b. *Sémaphores en pleine voie.*

21. Signal d'arrêt.

De jour.

Le bras du sémaphore est placé horizontalement, à droite par rapport au sens de la marche du train.

De nuit.

Feu rouge du côté du train.

22. Signal de ralentissement.

De jour.

Le bras du sémaphore est incliné à 45° vers le bas, à droite par rapport au sens de la marche.

De nuit.

Feu vert du côté du train.

23. Signal de voie libre.

De jour.

Le bras du sémaphore est incliné à 45° vers le haut, à droite par rapport au sens de la marche.

De nuit.

Feu blanc du côté du train.

c. *Signaux d'aiguilles.*

24. L'aiguille est faite sur la voie principale.

Le mécanicien aperçoit un rectangle placé verticalement, blanc si l'aiguille est prise en talon ; vert si elle est prise en pointe.

25. L'aiguille est faite sur l'embranchement.

Cas où l'aiguille est prise en pointe; rectangle blanc se détachant sur fond noir et incliné ou bien flèche blanche sur fond noir. L'inclinaison du rectangle ou la pointe de la flèche indiquent de quel côté se fait l'embranchement.

d. *Signaux de grues hydrauliques.*

26. Si le tuyau d'écoulement forme obstacle à la circulation quand il est placé transversalement, la lanterne doit présenter dans les deux sens de la marche des trains un feu rouge.

e. *Signaux faits avec la cloche de la station.*

27. Le train va bientôt partir.

(On peut monter en voiture).

Courte sonnerie suivie d'un coup de cloche isolé.

28. En voiture.

Courte sonnerie, suivie de deux coups de cloche isolés.

29. Départ.

Courte sonnerie, suivie de trois coups isolés.

30. Annulation du signal de départ (Halte).

Sonnerie rapide prolongée.

Le personnel des stations doit en outre employer, le cas échéant, les mêmes signaux que le personnel de la voie.

IV. — SIGNAUX DES TRAINS (*).

31. Indication de la tête du train (Signal d'avant).

a. Sur les lignes à voie simple.

(*) Les lanternes sont généralement placées à la base de la cheminée, et très rarement sur la traverse.

De jour.

Pas de signal spécial.

De nuit.

Deux feux rouges à l'avant de la locomotive.

b. Sur les lignes à double voie, quand le train circule sur la voie normale.

De jour.

Pas d'indication spéciale.

De nuit.

Deux feux blancs à l'avant de la locomotive.

c. Sur lignes à double voie, quand le train circule à contre-voie.

De jour.

Un disque rouge fixé d'une manière quelconque à l'avant de la locomotive.

De nuit.

Deux lanternes rouges à l'avant.

32. Indication de la queue du train (Signal d'arrière).

Sur les lignes à simple ou à double voie.

De jour.

Deux lanternes fixées à chacun des angles supérieurs de la dernière voiture.

De nuit.

Deux lanternes à feu rouge à chacun des angles supérieurs de la dernière voiture et une troisième lanterne à feu rouge au-dessus du crochet d'attelage de cette voiture.

Les deux premières lanternes montrent en avant un feu blanc.

33. Signal d'arrière pour annoncer un train extraordinaire.

De jour.

Deux disques rouges placés à l'arrière de la dernière voiture.

De nuit.

Le feu rouge de gauche du signal d'arrière est remplacé par un feu blanc.

35. Signaux pour machines refoulant un train.

De jour.

Pas d'indication spéciale.

De nuit.

Un feu rouge à l'avant et à l'arrière ; le feu rouge à l'avant doit être placé à la base de la cheminée.

Les signaux de trains s'appliquent aussi aux locomotives isolées. Toutefois, dans ce dernier cas il est permis de renverser le triangle formé par les trois feux d'arrière.

36. Signaux pour machines de manœuvre.

Mêmes signaux que pour les machines refoulant un train.

V. — SIGNAUX DU PERSONNEL DU TRAIN.

a. *Signaux du personnel de la locomotive avec le sifflet de la machine.*

37. Attention.

Un coup de sifflet modérément prolongé.

38. Serrer les freins.

Plusieurs coups de sifflet brefs, très rapprochés.

39. Desserrer les freins.

Un coup de sifflet allongé, suivi de deux coups brefs.

40. Appel du personnel de la voie.

Plusieurs coups de sifflets allongés, alternativement sur un ton haut et sur un ton bas.

41. Continuation de la marche d'un train arrêté en pleine voie.

Le signal « attention » pour inviter à monter en voiture, puis le même signal trois fois répété, pour indiquer le départ.

b. *Signaux du personnel du train.*

A l'aide du cornet, du sifflet de poche ou de la corde signal.

42. Départ.

Son prolongé avec le cornet ou le sifflet de poche.

43. Halte.

Plusieurs sons brefs avec le cornet ou le sifflet, et en même temps agiter le drapeau ou la lanterne.

44. Ralentissement.

Plusieurs sons allongés avec le cornet ou le sifflet, et en même temps avec le drapeau ou la lanterne le signal de ralentissement réglementaire pour le personnel de la voie.

45. Attelages rompus.

Sons alternativement allongés et brefs avec le cornet ou le sifflet et, en même temps, faire avec le drapeau ou la lanterne le signal de « rupture d'attelage » réglementaire pour les agents de la voie.

46. Attention.

Tirer la corde-signal de manière à mettre en action le sifflet de la machine.

En outre le personnel du train doit appliquer, le cas échéant, les mêmes signaux que le personnel de la voie.

VI. — SIGNAUX DE MANŒUVRE.

47. En avant. — (Tender en arrière).

Un coup allongé du sifflet de poche. En outre :

De jour.

Agiter de haut en bas et de bas en haut le drapeau.

De nuit.

Agiter de haut en bas et de bas en haut la lanterne à feu blanc.

48. En arrière. — (Tender en avant.)

Deux coups brefs du sifflet de poche. En outre :

De jour.

Agiter horizontalement le drapeau de gauche à droite et de droite à gauche.

De nuit.

Agiter horizontalement un feu blanc de gauche à droite et de droite à gauche.

49. Ralentissement.

Plusieurs coups allongés du sifflet de poche. En outre :

De jour.

Employer les signaux de ralentissement réglementaires pour le personnel de la voie.

De nuit.

Élever la lanterne munie d'un feu blanc, ou tenir face à la machine une lanterne à feu vert.

50. Halte.

Plusieurs coups brefs du sifflet de poche. En outre :

De jour.

Agiter le drapeau déployé.

De nuit.

Agiter une lanterne à feu quelconque.

Appendice contenant les signaux non obligatoires.

ADDITION AU CHAPITRE I.

SIGNAUX DE PLEINE VOIE A L'AIDE DES CLOCHES ÉLECTRIQUES.

51. Le train se dirige d'un point de la voie vers l'extrémité de la ligne.

| ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● |

52. Le train se dirige d'un point de la voie vers l'origine de la ligne.

| ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● |

53. Le train se dirige à contre-voie d'un point de la ligne, vers l'extrémité de cette ligne.

| ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● |

54. Le train se dirige à contre-voie, d'un point de la ligne vers l'origine de cette ligne.

| ● |

55. La voie est encombrée par la neige.

| ○ ● ○ ● ● | ○ ○ ○ ○ ○ | ○ ○ ○ ○ ● |

ADDITION AU CHAPITRE III.

SIGNAUX FIXES.

a. *Signaux d'aiguille.*

56. L'aiguille est faite sur l'embranchement. — Cas où l'aiguille est prise en talon.

Apparition sur le signal d'aiguille d'une figure symétrique quelconque.

b. *Signaux avec la cloche de la station.*

57. Le train approche de la station.

Sonnerie rapide.

ADDITION AU CHAPITRE IV.

SIGNAUX DU TRAIN.

Addition au § 31. — *Signaux d'avant.*

d. Dans le cas de deux lignes parallèles, les trains sur la deuxième ligne porteront :

De nuit.

58. Un feu rouge et un feu vert à l'avant de locomotive.

Addition au § 32. — *Signaux d'arrière.*

Dans le cas de deux lignes parallèles, les trains circulant sur la deuxième ligne porteront.

De nuit.

59. Deux lanternes à feu rouge à chacun des angles supérieurs de la deuxième voiture et un feu blanc au-dessous du crochet d'attelage. (Les deux premières lanternes montreront un feu blanc vers la tête du train.)

ADDITION AU CHAPITRE V.

SIGNAUX DU PERSONNEL DE LA MACHINE.

60. Serrer un peu les freins.

Un coup de sifflet bref.

61. Desserrer un peu les freins.

Un coup de sifflet allongé, suivi d'un coup bref.

On voit que les prescriptions du règlement dont nous venons de donner la traduction ne portent que sur le langage même des signaux destinés soit à annoncer les trains, soit à mettre en communication entre eux le personnel des stations, celui des trains et les agents répartis sur la voie.

A tout signal, exactement défini par son apparence ou par un son, correspond une seule et même signification bien précise, que les administrations de chemins de fer ne peuvent pas modifier à leur gré. Mais si elles n'ont pas le droit d'attribuer à un signal déterminé un sens différent de celui qui est prévu par le règlement, ni d'en imaginer de nouveaux, elles sont entièrement libres d'employer, pour réaliser les signaux définis par le réglement, tels appareils qu'elles jugent convenables. Étendre l'uniformisation aux dispositions même des appareils, c'eût été fermer la porte à tout progrès ultérieur, et admettre que la science avait dit son dernier mot en matière de signaux.

L'administration austro-hongroise a évité cet écueil, et les différentes compagnies ont pu mettre en service sur leurs lignes les types d'appareils les plus variés, et faire notamment l'essai du block-system, sans se trouver en contradiction avec les prescriptions réglementaires.

Il faut remarquer, d'ailleurs, que les signaux prévus par le règlement de 1877 ne sont pas tous obligatoires; ceux

qui figurent dans l'appendice (n° 51 à 61) sont facultatifs; mais ils sont en usage sur la plupart des grandes lignes.

Les avantages de l'uniformité du langage des signaux et les inconvénients qu'il y aurait à étendre cette uniformité aux appareils mêmes n'ont pas échappé aux ingénieurs français. Le comité de l'exploitation technique s'est récemment occupé de cette question, à propos d'un projet de loi soumis au Parlement et concernant la sécurité publique sur les chemins de fer. Les conclusions de la commission chargée d'examiner le projet sont, dans leur ensemble, conformes à l'esprit du règlement autrichien, tout en laissant peut-être plus de latitude aux compagnies. Nous y trouvons, en effet, les vœux suivants :

« Il y aurait intérêt, pour l'avenir, à compléter l'unifor-
« misation du langage des signaux optiques et acoustiques
« qui peuvent s'échanger entre mécaniciens et autres
« agents des trains, d'une part, et agents des gares ou de
« la voie, d'autre part.

« Il conviendrait, à cet effet, d'attribuer à chacun de
« ces signaux exactement définis par son apparence ou par
« le son, une seule et même signification nettement pré-
« cisée.

« Le langage des signaux de chemins de fer étant ainsi
« arrêté chaque compagnie resterait libre de n'employer
« que ceux qu'elle croirait devoir adopter, de les disposer
« et de les manœuvrer ainsi qu'elle le jugerait le plus
« utile à la sécurité de son réseau, le tout, comme tou-
« jours, sous la surveillance et le contrôle de l'Adminis-
« tration. »

L'exemple de l'Autriche, où les compagnies de chemins de fer sont plus nombreuses et les conditions d'exploitation plus variables qu'en France, montre que de pareils vœux n'ont rien d'excessif et qu'il ne serait pas impossible de trouver une solution au problème de l'uniformisation du langage des signaux.

B. — CONSIGNES RELATIVES A L'EMPLOI DES SIGNAUX EXTRAITES DES RÈGLEMENTS DE LA SOCIÉTÉ AUTRICHIENNE.

I. — De l'emploi des signaux par le personnel de la voie.

Signaux d'arrêt. — Aux termes des consignes autrichiennes, le personnel de la voie doit faire les signaux d'arrêt dans les douze cas suivants :

1° Quant il existe un obstacle sur la voie ;

2° Pendant les cinq minutes qui suivent le passage d'un train ;

3° Quand le personnel du train fait le signal d'arrêt

4° Quand le train présente une particularité quelconque de nature à compromettre la sécurité de sa marche ;

5° Quand le signal d'annonce donné par les cloches ne correspond pas au sens de la marche du train ;

6° Quand les signaux donnés par les cloches indiquent que deux trains se dirigent l'un contre l'autre sur la même voie ;

7° Quand deux ou trois trains consécutifs sont annoncés par les cloches, et qu'après le passage du premier ou du deuxième, l'agent de la voie entend le signal d'annulation n° 3 ou 4 (le train ne part pas) ;

8° Quand il entend le signal d'alarme n° 7 ;

9° Quand il entend le signal n° 8 « wagons en dérive » et que, d'après les déclivités de la voie ou la direction du vent, les wagons se dirigent vers le train ;

10° Quand un train a été expédié par erreur avec des signaux non réglementaires ;

11° Quand un train s'est engagé sur une voie en cul-de-sac ;

12° Quand l'état d'un point de la voie est tel que le train ne peut s'y engager sans les plus grandes précautions, auquel cas il y a lieu d'en informer le personnel du train arrêté.

S'il vient à passer, de nuit, un train muni de ses lan-

ternes d'arrière, mais ne portant à l'arrière aucun feu rouge, le garde-ligne doit arrêter tout train qui suivra le premier, non plus seulement pendant cinq minutes, mais pendant dix minutes.

Les signaux d'arrêt doivent être faits, qu'il y ait un train attendu ou non.

Lorsqu'un train est arrêté en pleine voie, il doit être couvert à l'arrière seulement, si la ligne est à double voie et dans les deux sens si elle est à voie unique. Dans le cas où une machine de secours a été demandée, le train doit être couvert dans les deux sens.

Les wagons échappés d'une gare ou séparés d'un train, et qui auraient été arrêtés par les agents du train ou ceux de la voie, doivent être couverts dans les deux sens, qu'il s'agisse d'une voie unique ou d'une double voie.

Quand un train est arrêté en pleine voie pour une raison quelconque et qu'il n'y a qu'un seul agent disponible pour faire les signaux d'arrêt réglementaires, cet agent doit couvrir d'abord le train du côté d'où doit venir le premier train annoncé.

Signaux de ralentissement. — Les signaux de ralentissement doivent être faits :

1° Quant l'état de la voie ou des ouvrages d'art ne permet pas de circuler avec la vitesse ordinaire ;

2° Après le passage d'un train, pendant les cinq minutes qui suivent l'enlèvement du signal d'arrêt. Exception est faite à cette règle au départ d'une station lorsqu'un train rapide est suivi par un train marchant à petite vitesse ;

3° Quand le personnel du train fait le signal de ralentissement ;

4° Aux approches des gares et des bifurcations.

Les sections de la voie qui doivent être constamment parcourues avec une faible vitesse doivent être signalées par des sémaphores, dont le bras est incliné de 45° au-dessous de l'horizontale.

Signaux de voie libre. — Le signal de voie libre doit être au fait au passage de chaque train.

II. — SIGNAUX FIXES.

Emploi des signaux à distance. — Les indications des signaux à distance ne s'adressent qu'aux trains qui s'approchent d'une station ou d'une bifurcation.

Ces signaux doivent être placés à 500 mètres de l'aiguille d'entrée de la station, de la bifurcation ou de la traversée à niveau. Ils doivent être visibles autant que possible à 400 mètres de distance.

La distance de visibilité peut être exceptionnellement réduite à 300 mètres.

Lorsqu'un signal avancé se trouve à une distance de la station inférieure à 500 mètres et qu'il n'est pas visible à 400 mètres, il y a lieu de faire les signaux de ralentissement à 500 mètres du signal d'arrêt.

Position normale des signaux à distance. — Les signaux avancés destinés à couvrir une station doivent être normalement maintenus à voie libre.

Dans le cas d'une bifurcation, ils doivent être disposés de manière que les trains ne trouvent jamais qu'une seule voie libre.

Dans le cas d'une traversée à niveau, ils doivent être normalement tournés à l'arrêt, à moins qu'il ne soient enclenchés de manière que les trains ne trouvent jamais qu'une voie libre.

Les stations doivent être couvertes par les signaux à distance, toutes les fois que les voies sont engagées, et cela, qu'un train soit attendu ou non.

Les signaux avancés placés à l'entrée de certaines stations importantes où les manœuvres sont fréquentes peuvent être normalement tournés à l'arrêt. Dans ce cas ils ne sont mis à voie libre, que si un train est annonce et que la station soit prête à le recevoir.

Aussitôt qu'un train a dépassé le signal placé à l'entrée d'une station, ce signal doit être remis à l'arrêt, alors même qu'aucun train n'est attendu après le premier. Il est maintenu à l'arrêt, sur les lignes à voie unique, jusqu'à ce que la station soit prête à recevoir un deuxième train; sur les lignes à double voie, jusqu'à ce que le premier train ait quitté la station, et si ce train doit se garer, jusqu'à ce que les voies soient entièrement dégagées.

Lorsqu'un train est arrêté de nuit devant un signal à distance non éclairé, il ne peut continuer sa marche qu'après s'être assuré que le signal est bien à voie libre. Dans ce cas, d'ailleurs, il ne doit avancer qu'avec les plus grandes précautions.

En cas de brouillard, et en général dans tous les cas où les signaux ne sont pas visibles à 200 mètres, les agents chargés de leur manœuvre doivent placer des pétards sur les rails à 200 mètres au moins desdits signaux.

Tout mécanicien qui aperçoit un signal tourné à l'arrêt doit immédiatement employer tous les moyens dont il dispose pour arrêter son train avant le signal d'arrêt.

Tout train arrêté devant un signal doit être immédiatement couvert à l'arrière quand bien même aucun autre train ne serait attendu.

Des signaux donnés par la cloche de la station. — Le signal n° 27 « le train va bientôt partir » est donné au moins 10 minutes avant l'heure réglementaire du départ.

Le signal n° 28 « en voiture » est donné 5 minutes au plus avant l'heure réglementaire du départ.

Le signal n° 29 « départ » est donné immédiatement avant le départ.

Lorsqu'un train doit s'arrêter dans une station pendant moins de 10 minutes et plus de 5 minutes, le signal n° 27 est donné, aussitôt que le train est en vue.

Si le train doit s'arrêter moins de cinq minutes, le signal n° 27 peut être supprimé entièrement; mais dans ce cas

le signal n° 28 est donné aussitôt que le train est en vue.

Le signal n° 30 « annulation du signal de départ » est employé pour arrêter un train qui vient de se mettre en marche.

III. — SIGNAUX DE TRAINS.

La responsabilité de l'emploi des signaux de train incombe en première ligne à la station où s'est formé le train, puis au mécanicien et au chef de train, ensuite aux autres agents du train, enfin au personnel des stations intermédiaires.

Lorsque plusieurs trains extraordinaires (supplémenraires, dédoublés, spéciaux, etc.), se suivent, le premier d'entre eux doit être annoncé par le train régulier qui le précède immédiatement; le deuxième est signalé par le remier, et ainsi de suite. (Signaux n°s 33 et 34.)

IV. — SIGNAUX DU PERSONNEL DU TRAIN.

Le signal n° 4 « appel du personnel de la voie » s'emploie quand un train est arrêté en pleine voie et qu'il est nécessaire de faire appel aux gardes-ligne pour le couvrir.

Dans les trains de voyageurs, la corde d'intercommunication doit aller jusqu'au dernier wagon muni de freins. Dans les trains mixtes, elle doit relier le plus grand nombre de wagons possible. Dans tous les cas et même pour les trains de marchandises, elle doit aller de la machine au premier wagon à frein.

Lorsque la corde du train vient à mettre en action le sifflet de la machine, le mécanicien doit immédiatement fermer le régulateur et agir ensuite d'après les signaux des conducteurs du train.

Les serre-freins doivent serrer les freins dès qu'ils perçoivent un signal d'arrêt quelconque, et sans attendre le signal donné par le mécanicien.

V. — DE L'EMPLOI DES SIGNAUX A CLOCHE.

Instructions générales. — Les consignes en vigueur sur les différentes compagnies définissent l'*origine* et l'*extrémité* de chacune des lignes ou sections de lignes du réseau, de manière à éviter toute ambiguïté sur la signification des signaux à cloche.

Tout signal concernant la marche d'un train s'applique également à une locomotive isolée.

Les sigaux 10, 11, 53 et 54 ne s'appliquent qu'aux lignes à double voie. Tous les autres sont employés indifféremment sur les lignes à simple voie et à double voie.

Les signaux 1, 2, 10 et 11 qui servent à annoncer les trains au départ des stations, n'impliquent pas nécessairement que ces trains doivent aller jusqu'à la station voisine. Il n'en est pas de même des signaux facultatifs 51, 52, 53 et 54.

Tout signal reste valable jusqu'à ce que le train ou la la machine signalés aient effectués leur marche conformément aux indications de la cloche ou que le signal ait été annulé par la station expéditrice.

Les signaux d'annulation n°s 3 et 4 sont employés :

1° Pour annuler un des signaux (n°s 1, 2, 10, 11, 51, 52, 53 et 54), quand la marche annoncée pour le train ne peut avoir lieu, ou que le signal a été donné à tort ;

2° Pour annoncer qu'un train ne continue pas sa marche jusqu'à la station voisine soit que cet arrêt ait été prévu, soit qu'il résulte d'un accident ;

3° Pour indiquer au personnel de la voie qui a reçu avis, par écrit, de l'arrivée d'un train, que ce train ne circulera pas.

Le signal n° 7 « arrêter tous les trains » peut être donné soit par une station, soit par un poste intermédiaire

quelconque. Le règlement ne prévoit d'ailleurs aucun signal ayant pour objet de l'annuler. Lors donc que l'alarme a été donnée, les agents des trains arrêtés doivent chercher à en découvrir la cause, en se mettant en communication avec le personnel de la voie.

Il est de règle toutefois de considérer le signal d'alarme comme annulé, si l'on entend un signal de marche, auquel ne succède pas de nouveau le signal d'alarme.

Instructions à l'usage du personnel des stations. — Le chef de gare qui expédie un train doit envoyer le signal de marche nos 1, 2, 10 ou 11, immédiatement avant de donner le signal de départ avec la cloche de la station.

Si le train ne doit pas aller jusqu'à la station suivante, avis en doit être donné télégraphiquement à cette station.

Les trains dont l'arrêt réglementaire dans la gare ne dépasse pas une minute doivent être signalés, aussitôt qu'ils arrivent en gare. S'il existe aux abords de la gare un passage à niveau, le signal de marche doit être donné assez à temps pour que le gardien puisse fermer ses barrières cinq minutes avant le passage du train.

Lorsqu'un train a été signalé par une station à la station suivante, et que pour une raison ou pour une autre il ne peut partir dans les dix minutes qui suivent l'envoi du signal, le signal de marche doit être annulé, et reproduit à nouveau immédiatement avant le départ.

Si l'annonce d'un train ne peut être faite, soit par suite de la rupture de la conduite télégraphique, soit pour une raison quelconque, le mécanicien et le chef de train, ainsi que l'aiguilleur chargé de la manœuvre de l'aiguille de sortie de la gare, en doivent être avisés. Dans ce cas le train ne doit pas partir avant que le chef de la gare expéditrice se soit mis en communication télégraphique avec la gare voisine, et se soit assuré que la voie est libre. Si le fil de ligne est également coupé, le train ne peut avancer

qu'en prenant les mesures de précaution prévues, pour ce cas, par les règlements.

Tant qu'un train annoncé n'est pas arrivé dans une station ou que l'annonce n'a pas été annulée par les cloches (signal n° 3 ou 4), aucun train ne peut être expédié à sa rencontre sur la voie par laquelle il doit arriver.

Cette règle doit être observée, alors même que la gare aurait été avisée télégraphiquement que le signal a été donné par erreur et qu'aucun train n'a été expédié. L'avis télégraphique ne dispense pas de l'annulation du signal envoyé indûment.

Lorsque après le départ d'un train qui ne doit pas aller jusqu'à la station voisine, la gare expéditrice entend le signal d'annulation n° 3 ou 4, cela signifie, en général, que le train est arrivé à destination.

Si, au contraire, le train devait aller jusqu'à la station voisine, le signal d'annulation signifie qu'il a dû s'arrêter en pleine voie et il y a lieu dans ce cas d'attendre les signaux ultérieurs.

Si la gare expéditrice entend alors l'un des signaux n°s 51, 52, 53 ou 54, elle peut en conclure, que le train resté en détresse ou une partie de ce train va continuer sa marche ou refouler. Le groupement des coups de cloche lui indique le point vers lequel le train se dirige. L'intervalle de temps qui s'écoule entre le signal d'annulation et celui de remise en marche lui fait connaître, si c'est le train tout entier ou une partie seulement du train qui se remet en marche.

Si le train resté en détresse demande du secours (signal n° 5 ou 6). l'une quelconque des stations voisines doit répéter, après une minute d'intervalle, l'un des groupes de coups de cloche composant le signal, en aviser immédiatement, par voie télégraphique, l'autre station et s'entendre avec elle au sujet de l'envoi des secours demandés.

Si l'un des signaux de marche nos 51, 52, 53 ou 54 parvenait à la station avant le départ de la machine de secours cela signifierait que le train resté en détresse n'a plus besoin de secours.

Tout signal envoyé ou reçu par une station à l'aide des appareils à cloche, doit être mentionné sur le registre de correspondance avec l'heure correspondante.

Instructions à l'usage des aiguilleurs. — L'aiguilleur posté à l'aiguille de sortie d'une gare doit placer son sémaphore à voie libre, quand le train qui quitte la station a été régulièrement annoncé et qu'aucun obstacle ne s'oppose à son départ.

Il doit faire le signal d'arrêt :

1° Quand il n'a pas entendu ou qu'il a mal entendu le signal annonçant le train. Dans ce cas, il doit se renseigner auprès du chef de gare, avant de laisser passer le train ;

2° Quand le signal donné par les appareils à cloches ne correspond pas au sens de la marche du train ;

3° Quand le signal de départ du train a été précédé ou suivi d'un signal venant de la station voisine et indiquant l'arrivée d'un autre train, sur la même voie, en sens contraire ;

4° Quand il entend un signal de départ, d'après lequel le train serait expédié sur une voie en cul-de-sac et qu'il n'a pas été averti au préalable de cette marche anormale.

5° Quand un signal lui fait connaître une circonstance quelconque de nature à compromettre la sécurité du train.

Instructions à l'usage du personnel de la voie. — Aussitôt qu'un gardien de passage à niveau entend l'un des signaux de marche nos 1, 2, 10, 11, 51, 52, 53 ou 54, il doit se rendre à son poste, fermer ses barrières, et arrêter les lorrys ou wagonnets qui circuleraient sur la voie.

Si l'un des signaux nos 1, 2, 10 ou 11 qui indiquent qu'un train quitte une station est répété deux, trois fois, cela signifie que deux, trois trains se succèdent dans le même sens.

Au contraire la répétition, à intervalles rapprochés, des signaux nos 51, 52, 53 et 54 qui s'appliquent aux trains partant d'un point intermédiaire de la ligne ne signifie pas qu'il y ait plusieurs trains engagés dans la section.

Lorsqu'un train survient qui a été annoncé comme venant en sens contraire, le garde-barrière doit faire le signal d'arrêt et informer les agents du train de l'erreur commise.

Il doit également faire le signal d'arrêt quand il résulte des indications données par les cloches que deux trains venant en sens contraire sont engagés sur la même voie.

Lorsqu'un garde-barrière entend un signal de marche, puis, après un intervalle de 5 à 10 minutes ou davantage, le signal d'annulation 3 ou 4, cela signifie que le train annoncé n'a pas quitté la station, ou bien que le signal de marche avait été donné par erreur et a dû être annulé ou bien enfin que le train s'est arrêté en pleine voie, soit qu'il ne dût pas aller plus loin, soit qu'il ait rencontré un obstacle.

Si le signal d'annulation n° 3 ou 4 est donné après le passage du train, cela signifie que le train a dû s'arrêter en pleine voie, pour l'une des raisons indiquées ci-dessus.

Dans les deux cas le garde doit attendre les signaux intérieurs.

Lorsque la répétition du même signal de marche indique que deux ou trois trains se suivent et qu'après le passage du premier ou du second, le signal d'annulation n° 3 ou 4 se fait entendre, cela signifie que l'un des trains a suspendu sa marche.

Le garde doit dans ce cas arrêter tous les trains qui surviendraient.

Quand, à l'approche d'un train, le garde entend le signal d'alarme n° 7 « arrêter tous les trains » il doit courir au-devant du train et chercher à l'arrêter par tous les moyens dont il dispose.

Les consignes autrichiennes prévoient les cas où les agents de la voie doivent donner eux-mêmes le signal d'alarme, à l'aide de leur manipulateur, savoir :

1° Quand la voie est devenue impraticable pour une raison ou pour une autre ;

2° Quand les signaux donnés par les cloches indiquent que deux trains se dirigent l'un contre l'autre sur la même voie ;

3° Quand un train s'engage sur une voie où la circulation est interrompue et que le garde n'a pas été averti de cette marche anormale ;

4° Quand le train présente une particularité de nature à compromettre la sécurité de sa marche, quand par exemple des chaînes de réserve se sont détachées, ou que des barres d'attelage se sont rompues, qu'un essieu ou une roue s'est brisée, qu'un wagon a déraillé, que le sabot d'un frein a pris feu, ou que les signaux réglementaires du train n'ont pas été appliqués, etc. Il est bien entendu d'ailleurs qu'il doit essayer d'abord d'arrêter le train par les signaux à la main ;

5° Quand le mécanicien n'aperçoit pas les signaux d'arrêt que lui font les agents du train.

Instructions à l'usage du personnel du train. — Toutes les fois qu'un train s'arrête en pleine voie le chef de train est tenu de demander au garde le plus rapproché quels signaux ont été envoyés, depuis le départ du train de la station, afin d'agir en conséquence.

Il doit, avant tout, couvrir son train conformément au règlement, et, suivant les cas, observer les prescriptions ci-après :

1° Le train s'est arrêté ; mais peut reprendre sa marche, après un arrêt de moins de dix minutes.

Dans ce cas le chef de train n'a aucun signal à envoyer par les cloches ;

2° Le train s'est arrêté ; mais il ne peut reprendre sa marche qu'après dix minutes, ou bien il est obligé de refouler.

Dans ce cas, le chef de train, après avoir couvert son train, doit envoyer le signal d'annulation n° 3 ou 4, puis, immédiatement avant la remise en marche, l'un des signaux n°s 51, 52, 53 ou 54. Il ne repart d'ailleurs qu'après que la station a répété ce dernier signal.

Les deux signaux successifs envoyés par le chef de train doivent être séparés par un intervalle d'au moins *trois minutes*.

Si la station ne répond pas, le signal de marche est répété. En l'absence d'une réponse de la station, le train ne peut reprendre sa marche que précédé, à 1000^{m}, d'un homme muni de pétards et de signaux à la main ;

3° Le train s'est arrêté, parce que la machine est obligée de laisser en pleine voie une partie du train.

Dans ce cas, et alors même que la première partie du train pourrait continuer immédiatement sa marche, le chef de train doit envoyer d'abord le signal d'annulation n° 3 ou 4, et *une minute* après l'un des signaux de marche n°s 51-55. Il ne peut d'ailleurs repartir qu'après avoir reçu une réponse de la station.

La partie du train laissée en pleine voie doit être couverte dans les deux sens ;

4° Le train s'est arrêté et a besoin de secours.

Dans ce cas, le chef de train, après avoir couvert son train dans les deux sens, envoie l'un des signaux d'annulation n° 3 ou 4 et une minute après le signal de demande de secours n° 5 ou 6, et il répète ce dernier jusqu'à ce que la station ait répondu.

La machine de secours au départ de la station est annoncée par l'un signaux n°s 1, 2, 10 ou 11. Aussitôt qu'elle est arrivée près du train en détresse, le chef de train doit envoyer l'un des signaux n° 3 ou 4, pour indiquer que la machine a suspendu sa marche.

Il devra d'ailleurs avant de mettre son train en mouvement donner l'un des signaux de marche n°s 51, 52, 53 ou 54 et attendre que la station ait répondu ;

5° Le train s'est arrêté en pleine voie parce qu'il avait à y manœuvrer.

Dans ce cas, le chef de train, après avoir couvert son train, envoie l'un des signaux n° 3 ou 4, puis la manœuvre terminée, l'un des signaux n°s 51-55. Il ne se remet d'ailleurs en marche qu'après avoir reçu une réponse de la station.

Lorsqu'un train est arrêté en pleine voie par un garde-ligne, à la suite de l'envoi du signal d'alarme n° 7, le chef de train doit avant tout envoyer l'un des signaux d'annulation n° 3 ou 4, afin de rassurer les agents de la voie et de la station, en leur faisant connaître que le signal d'alarme a été entendu. Il doit demander ensuite au garde-ligne si un train a été annoncé comme venant en sens contraire sur la même voie.

Si tel n'est pas le cas, et que la cause de l'alarme ne soit pas connue, le chef de train envoie l'un des signaux de de marche n°s 51-55 et attend une réponse.

Si on lui envoie le signal d'alarme n° 7, il doit annuler de nouveau le signal de marche qu'il a donné. Le train peut alors, quand aucun signal d'arrêt, ni aucun obstacle n'apparaissent sur la voie, avancer avec la plus grande précaution, en se faisant précéder par un agent, et avec une vitesse assez faible pour que le mécanicien puisse toujours arrêter sa machine dans l'espace de voie qu'il aperçoit devant lui.

Cette marche lente en avant n'a pas besoin d'être signalée.

Si au contraire on ne renvoie pas le signal d'alarme et que la station réponde par un signal de marche, le train peut continuer sa route, mais avec la moitié seulement de sa vitesse normale.

Toutefois, si le chef de train s'apercevait que son train présente quelque particularité ayant pu motiver le signal d'alarme (attelage rompu, essieu brisé, etc.), il peut continuer sa marche avec la vitesse normale, après avoir envoyé l'un des signaux n°s 51 à 55 et reçu une réponse de la station.

Lorsqu'un train a été arrêté en pleine voie, parce que un deuxième train était annoncé en sens contraire sur la même voie, le chef du train doit avant tout envoyer le signal d'annulation. En règle générale, c'est le train le moins important qui doit refouler. Cependant il peut être fait exception à cette règle, si le train le moins important se trouve dans l'impossibilité de reculer, en raison des conditions de déclivité de la ligne, ou si l'autre train se trouve assez près d'une station pour pouvoir refouler sans qu'il en résulte une grande gêne pour l'exploitation.

Lorsqu'un train a été arrêté en pleine voie par un garde-ligne, parce le train précédent est resté en détresse, le deuxième train doit continuer sa marche avec précaution sans envoyer aucun signal, mais en se faisant précéder par un agent, de manière à pouvoir porter secours au premier.

Quand il l'a rejoint, le chef de train doit envoyer le signal d'annulation n° 3 ou 4, puis l'un des signaux de marche, et attendre, avant de continuer sa route, la réponse de la station.

Les signaux à envoyer par un train en pleine voie ne doivent l'être que par le chef de train, ou sur un ordre écrit de sa main.

CHAPITRE II.

DES SIGNAUX ÉLECTRIQUES A CLOCHE.

Appareils en usage en Allemagne et en Autriche. — Les cloches électriques en service sur les lignes autrichiennes appartiennent à peu près exclusivement au système Leopolder. Les différences que ces appareils présentent d'une ligne à l'autre ne portent que sur des détails de construction sans importance. Quant aux cloches Siemens dont l'usage est si universellement répandu en Allemagne, elles n'ont reçu en Autriche que de rares applications.

Ces deux types d'appareils ont été décrits soit dans la *Revue générale des chemins de fer* (n° de novembre 1879), soit dans l'étude de MM. Brame et Aguillon relative aux signaux en usage sur les chemins de fer français. Nous nous bornerons donc à rappeler ici les principes sur lesquels reposent leur construction et leur fonctionnement et à décrire quelques dispositions spéciales appliquées en Autriche.

Caractères essentiels des signaux à cloche. — Les cloches électriques ont pour objet de transmettre, d'une station à la station voisine et aux postes intermédiaires échelonnés sur la ligne, un certain nombre de signaux acoustiques simples, faciles à comprendre et destinés à renseigner le personnel de la voie sur toutes les circonstances intéressant la marche des trains.

Chaque appareil se compose essentiellement :

1° D'un mécanisme qui amène le marteau au contact de la cloche;

2° D'une conduite télégraphique servant à la transmission du signal;

3° D'une source d'électricité.

Le mécanisme est sollicité par un poids, qui entre en action toutes les fois qu'il est déclenché par le poste expéditeur. L'agent local doit avoir soin de remonter le poids moteur, avant qu'il ne soit arrivé à la fin de sa course.

Tels sont les principes communs à tous les appareils à cloche.

Composition des signaux à cloche. — Les signaux sont définis par le nombre et le groupement des coups de cloche qui les composent. Ils peuvent être formés soit d'un certain nombre de coups isolés, soit d'un certain nombre de séries de coups identiques entre elles.

Chaque déclenchement de l'appareil produit, dans le premier cas, un seul coup de cloche; dans le second cas, une série de coups.

Les coups de cloche élémentaires sont, d'ailleurs, tantôt simples, tantôt doubles, c'est-à-dire composés de deux coups de son différent, de manière à éviter toute confusion avec les sonneries des horloges voisines. Les signaux composés de séries de coups donnent moins facilement lieu à des erreurs que les signaux formés de coups isolés. Par contre, ils ne se prêtent pas à l'envoi d'un grand nombre d'avis; car l'oreille serait fatiguée par des sonneries trop prolongées.

En Allemagne, les règlements de signaux ne prévoient en général que l'envoi de quatre avis différents : signal de marche dans un sens, signal de marche dans l'autre sens, annulation d'un signal donné, signal d'alarme; qui s'obtiennent respectivement à l'aide de 1, 2, 3 et 6 séries de coups identiques entre elles.

En Autriche, au contraire, où le règlement de 1872 prévoit quinze signaux différents, c'est le système par coups isolés qui a prévalu. Chaque signal est d'ailleurs répété trois fois, de telle sorte que, si l'agent auquel s'adresse le signal ne l'a pas entendu la première fois, il peut encore l'entendre à la deuxième ou à la troisième fois.

Manipulateur automatique de Leopolder. — L'espacement et le groupement convenables des coups de cloche qui composent un signal peuvent s'obtenir automatiquement. L'un des appareils le plus fréquemment employé à cet effet, en Autriche, est le manipulateur automatique de Leopolder.

Cet appareil (Pl. XIII, *fig.* 1 et 2) est renfermé dans une boîte en cuivre, dont on peut enlever la face antérieure et le couvercle. Les deux faces latérales supportent l'axe d'un cylindre W muni de goupilles.

Sur l'une des extrémités de l'axe est calée une manivelle A. A l'autre extrémité se trouve un ressort en spirale disposé de telle sorte, qu'il se tend lorsqu'on tourne la manivelle de gauche à droite. Le ressort ainsi remonté agit sur un mouvement d'horlogerie dont la dernière roue R. bute contre un taquet disposé sur le cylindre.

Les goupilles *n*, *n*, fixées normalement au cylindre sont disposées sur son pourtour et groupées suivant des sections transversales, de telle sorte qu'à chaque section corresponde un signal déterminé.

Un peu au-dessus du cylindre se trouve une barre métallique S, de section rectangulaire, mobile autour d'un axe parallèle à l'axe du cylindre. Le long de cette barre peut glisser une partie mobile D, D, solidaire d'un bouton de manœuvre K extérieur à la boîte. La glissière porte à l'une de ses extrémités, qui est échancrée, une petite tige d'acier *p* (*fig.* 2) mobile autour d'un axe X, et appuyée par un ressort *q* sur un taquet *i*. La largeur de l'échancrure est un peu supérieure à celle des goupilles du cylindre.

Les diagrammes des signaux à envoyer sont gravés sur la face supérieure de la boîte, dans l'ordre même où les rangées de goupilles correspondantes sont insérées sur le cylindre. Pour envoyer un signal déterminé, il suffit de pousser la glissière D à l'aide du bouton K jusqu'à l'amener en regard du diagramme correspondant.

Le ressort C, C (*fig.* 1) qui a la forme d'un crochet et

qui est muni d'un contact en platine, s'appuie généralement sur une plaque, isolée entièrement du reste de l'appareil et ferme dans cette position le circuit de manœuvre ; mais il peut être soulevé par un bras T, solidaire de l'axe S ; et le courant est alors interrompu.

Si l'on tourne la manivelle, de gauche à droite, jusqu'à ce que le taquet d'arrêt fixé sur le cylindre vienne butter contre la tête de la glissière, les goupilles font simplement pivoter la tige *p* autour de son axe X, en tendant le ressort *q*, et ne soulèvent pas le ressort *C*.

Si on abandonne la manivelle, le ressort spirale ramène le cylindre dans sa position première; mais chacune des goupilles soulève la glissière, imprime un mouvement de rotation à l'axe *S* et par suite au bras T et produit ainsi une interruption de courant.

Il y aura donc autant de coups de cloche de donnés, qu'il y a de goupilles sur le pourtour du cylindre, et l'espacement de ces coups correspondra à celui des goupilles.

Un taquet arrête le mouvement du cylindre, quand toutes les goupilles du groupe considéré ont franchi le poinçon *p*.

Afin de permettre d'envoyer des signaux, même dans le cas d'une rupture du manipulateur, on munit en outre l'appareil d'un interrupteur ordinaire.

Installation des appareils à cloche. — En Allemagne, les appareils à cloche sont généralement renfermés dans des cages en métal ou en bois de 2 mètres à $2^{m},50$ de hauteur, ou montés sur des colonnes cylindriques en tôle. En Autriche, le mécanisme moteur est installé dans les maisons de garde ou à l'intérieur des bâtiments des gares et les cloches sont placées sur le toit des maisons de garde ou fixées à l'aide de consoles sur la façade des bâtiments de gare.

Le système autrichien présente l'avantage d'une installation moins coûteuse, et permet d'éviter les dégradations dues à la malveillance.

Par contre, il réduit la place disponible dans les maisons de garde; il oblige, quand la maison de garde ne se trouve pas du même côté de la voie que la conduite télégraphique, à faire passer le fil sous les rails; enfin il expose davantage les appareils à l'action de la foudre.

Répartition des cloches sur la ligne. — La répartition des appareils à cloche sur la ligne n'est pas uniforme; elle dépend des conditions de son exploitation et varie d'une section à l'autre, comme pour les signaux de block-system, suivant l'intensité du trafic de la section considérée et le nombre des bifurcations qui s'y trouvent.

En général, l'emplacement est commandé par la position des maisons de garde. Toutefois, lorsque deux maisons consécutives sont trop éloignées l'une de l'autre, il peut y avoir intérêt à placer un appareil dans l'intervalle de telle sorte que le garde-ligne, occupé à des travaux d'entretien de la voie à une certaine distance de sa maison, perçoive le signal expédié et puisse agir en conséquence.

Dans toutes les stations qui ne sont pas des stations terminales, on place deux appareils à cloche, un à chaque extrémité du bâtiment de la gare. Dans les postes intermédiaires il n'y en a qu'un seul.

Les appareils des stations sont mis en communication avec la terre; le fil de manœuvre se trouve ainsi divisé en autant de sections indépendantes qu'il y a d'intervalles de gare à gare.

L'espacement moyen des appareils sur les lignes autrichiennes est de 1.040 mètres ainsi que nous l'avons fait remarquer plus haut. Sur les lignes allemandes, cet espacement ne dépasse pas 950 mètres.

Appareils enregistreurs des signaux à cloche. — Les signaux acoustiques ont, d'une manière générale, l'inconvénient de ne laisser aucune trace permanente. Pour éviter les dangers qui pourraient résulter d'une négligence ou d'un défaut de mémoire du garde-ligne, un

grand nombre de compagnies ont eu recours à des dispotions spéciales.

Disque indicateur. — Sur certaines lignes, les appareils à cloche sont munis extérieurement d'un disque qui, à l'état normal, est disposé verticalement et qui se place automatiquement dans la position horizontale toutes les fois qu'un signal est envoyé. Le garde doit remettre le disque dans sa position première, mais seulement après le passage du train annoncé, de telle sorte que le mécanicien de ce train puisse s'assurer que le signal de marche réglementaire a bien été donné.

Certaines compagnies ont été plus loin dans cette voie, en annexant aux appareils à cloche des indicateurs destinés à enregistrer la signification même du signal.

Lorsque les signaux à envoyer sont peu nombreux comme en Allemagne, et qu'ils ne diffèrent que par le nombre des groupes de coups qui les composent, il suffit que ce nombre vienne s'enregistrer automatiquement sur une bande de papier mobile, pour que le signal soit connu sans ambiguité.

Appareil enregistreur des chemins de fer de l'Etat bavarois. — Le mécanisme enregistreur en usage sur les chemins de fer de l'Etat bavarois est conçu dans cet ordre d'idées. Les appareils à cloche des stations sont munis d'un mécanisme spécial qui déroule d'un mouvement uniforme une bande de papier devant un stylet. Le stylet est rendu solidaire de l'appareil à cloche, de telle sorte qu'il s'abaisse à chaque déclenchement de l'appareil ; chaque groupe de coups de cloche sera donc indiqué par un point ou un trait sur le papier.

Le mécanisme enregistreur est tenu sous clef. Le chef de gare relève tous les jours, à la même heure, les indications données par la bande de papier et peut s'assurer ainsi, en les comparant au mouvement effectif des trains, que les signaux ont été donnés régulièrement.

Appareil enregistreur du chemin de fer du Nord Empereur Ferdinand. — La compagnie du chemin de fer du Nord Empereur Ferdinand a installé sur quelques-unes de ces lignes des appareils enregistreurs analogues, mais où la bande de papier se déroule derrière une fente vitrée, ménagée dans l'enveloppe de l'appareil à cloche. Le garde-ligne peut ainsi s'assurer, à un moment quelconque, de la signification du dernier signal envoyé. Ces appareils applicables aux cloches Léopolder sont dus à M. Teirich, constructeur à Vienne.

La bande de papier passe devant un stylet qu'un ressort tend à écarter, mais qui vient appuyer sur la bande et y perce un trou, lorsqu'il est frappé par un marteau, dont le mouvement est solidaire de celui du mécanisme des cloches.

On sait que, dans l'appareil Leopolder, le marteau de la cloche est commandé par un levier oscillant qui reçoit l'action successive de mannetons disposés sur la face latérale d'une roue d'engrenage.

Pendant l'émission d'un signal, la durée du déroulement du papier dépend de l'intervalle de temps qui s'écoule entre les passages des deux mannetons consécutifs devant le levier.

Les coups de cloche d'un même groupe se succédant à deux secondes d'intervalle, et deux groupes consécutifs à six secondes d'intervalle, on voit qu'il sera facile de distinguer sur la bande de papier les trous correspondant aux signaux successifs.

Installation des communications télégraphiques entre les appareils à cloche. — Au point de vue des communications télégraphiques, il y a deux cas à désigner :

1° *Cas où l'on utilise pour le service des cloches l'un des fils servant à la correspondance entre stations.* — Dans ce cas on peut actionner les appareils Morse intercalés dans le circuit à l'aide d'un courant assez faible pour

ne pas agir sur les appareils à cloche, et régler ceux-ci de manière qu'ils se déclenchent sous l'action d'un courant plus énergique provenant d'une batterie de piles ou d'une machine d'induction.

On peut aussi, et c'est la disposition généralement adoptée en Autriche et notamment sur les lignes de la Société Autrichienne, faire circuler en permanence dans le fil un courant continu, dont l'intensité est réglée de manière à permettre la manœuvre des appareils de correspondance télégraphique. Le déclenchement des cloches s'obtient dans ce cas par un affaiblissement du courant, résultant de l'addition d'un rhéostat dans le circuit.

Cette méthode qui consiste à utiliser pour le service des cloches les conduites télégraphiques existantes est évidemment très économique ; mais elle présente certains inconvénients. Il peut arriver, en effet, que le levier d'échappement d'un appareil à cloche se déclenche indûment, soit qu'il y ait un défaut dans l'installation ou le réglage du mécanisme, soi que le courant permanent qui circule dans le fil vienne à s'affaiblir accidentellement ; et les coups de cloche ainsi produits peuvent donner lieu à des méprises dangereuses.

2° *Cas où les appareils à cloche sont desservis par une conduite télégraphique spéciale.* — Le fil de manœuvre se trouve alors sectionné en autant de parties indépendantes qu'il y a d'intervalle de gare à gare, et la transmission des signaux se fait soit à l'aide de courants d'induction, soit à l'aide de courants provenant des piles disposées dans les stations.

Cette méthode, qui oblige à des installations plus coûteuses que la précédente, offre par contre des garanties beaucoup plus grandes, au point vue de la régularité de la transmission. Elle présente surtout des avantages sur les lignes à grand trafic.

Des sources d'électricité employées pour la manœuvre

des appareils à cloche. — Les signaux à cloche peuvent être manœuvrés soit à l'aide de courants galvaniques, soit à l'aide de courants d'induction.

Les courants d'induction ont l'avantage d'être très réguliers ; ils sont peu influencés par l'électricité atmosphérique et, comme ils sont produits en général par des machines électro-magnétiques assez puissantes, ils triomphent aisément des résistances accidentelles dues à quelque défaut de la conduite. L'entretien, sinon l'installation première des machines, est d'ailleurs très économique.

Par contre, leur emploi ne facilite pas aux agents échelonnés sur la ligne l'envoi de signaux à la station voisine. Si l'on veut que chaque poste puisse être à la fois récepteur et expéditeur, sans mettre à la disposition de chacun des gardes-ligne une machine d'induction spéciale, il faut recourir aux courants galvaniques, mettre le fil de manœuvre en communication avec une pile et disposer l'appareil à cloche de chaque poste, de manière que l'agent puisse se mettre en communication télégraphique avec la station.

MM. Siemens et Halske ont résolu ce problème à l'aide de dispositions fort ingénieuses qui permettent même à des agents peu familiarisés avec le langage télégraphique, d'envoyer pour ainsi dire automatiquement un certain nombre de signaux. Ils se servent, à cet effet, soit de disques mobiles échancrés sur leur pourtour et que l'agent doit placer sur l'un des axes de l'appareil à cloche, soit d'un cylindre sur lequel des disques analogues aux précédents sont fixés à demeure et que l'on règle à l'aide de clefs correspondant aux différents signaux à envoyer.

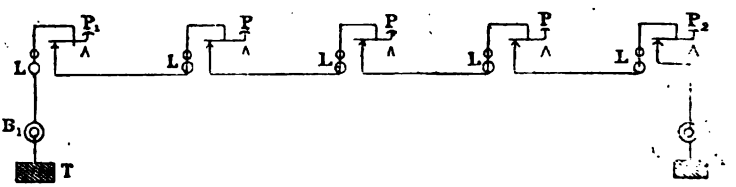
Nous ne parlerons pas de ces appareils de secours, qui sont en usage, non seulement sur les lignes de l'Etat bavarois et sur un grand nombre de lignes allemandes, mais encore en Belgique et qui ont été décrits dans un rapport de MM. Brame et Worms de Romilly (*Annales des Mines*, janvier-février 1885).

D'après le règlement autrichien, tous les postes compris entre deux stations doivent être à la fois récepteurs et expéditeurs. Cette obligation a conduit toutes les compagnies à généraliser l'emploi des cloches Leopolder, qui sont manœuvrées à l'aide de courants provenant des piles placées dans les stations, et qui permettent, sans intallation spéciale, de donner toute la série des signaux réglementaires d'un poste quelconque de pleine voie.

Les piles en usage sont généralement du système Meidinger, plus rarement du système Callaud, Daniell ou Leclanché.

La disposition que l'on rencontre le plus fréquemment est la suivante :

Les batteries de piles B_1 et B_2 des deux stations sont reliées avec le fil de manœuvre par leurs pôles de nom contraire. Un courant continu circule du pôle cuivre

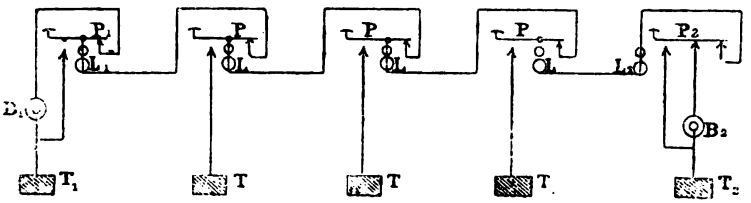


de la batterie B_1 au pôle zinc de la batterie B_2 en passant par le fil de manœuvre et par les appareils à cloche L ; et du pôle cuivre de B_2 au pôle zinc de B_1 en passant par la terre T.

Dans les stations et aux postes intermédiaires se trouvent des commutateurs P, qui permettent d'interrompre le courant et de déclencher les cloches.

Au lieu d'être reliées avec le fil de manœuvre par leurs pôle de nom contraire, les batteries des deux stations sont quelquefois reliées par leurs pôles de même nom. Leurs effets, au lieu de se superposer, s'annulent alors à l'état normal.

Mais si l'on appuie sur le bouton de l'un des commutateurs P, le fil de manœuvre est mis en communication avec la terre en T, et il se trouve ainsi divisé en deux

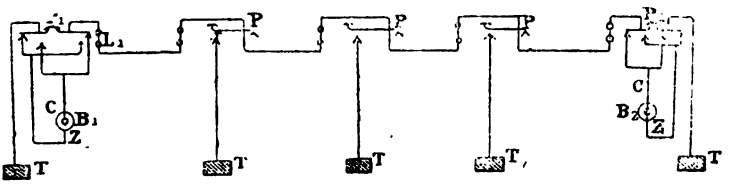


sections parcourues chacune par un courant : l'un des courants, provenant de la pile B_1, agira sur les appareils placés à gauche du poste expéditeur ; l'autre provenant de la pile B_2 agira sur les postes placés à droite.

Cette disposition est évidemment plus économique que la précédente, car les piles ne travaillent que d'une manière intermittente, mais elle offre moins de garantie, en raison de l'inégalité de résistance des deux circuits. Elle est appliquée depuis quelques années sur le chemin de fer du Prince héritier Rodolphe.

Sur la ligne de Kaschau à Oderberg, on a fait l'expérience d'une disposition analogue, plus économique encore que la précédente, mais plus sujette aussi à caution.

Deux batteries également puissantes B_1 et B_2 sont installées dans les deux stations et reliées avec le fil de manœuvre comme dans le cas précédent de manière à se neutraliser. Chacune des stations est munie d'un commu-



tateur double permettant de renverser le courant local. Si

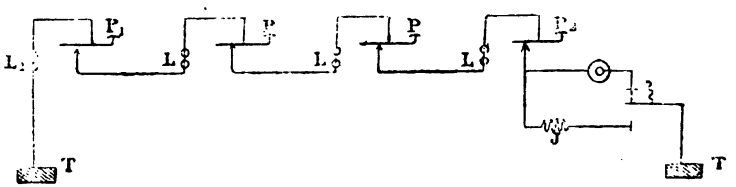
l'on appuie dès lors sur les deux touches de l'un des commutateurs de gare, les courants des deux batteries se superposent, au lieu de se neutraliser et produisent le déclenchement des appareils intermédiaires. Cet effet pourra être obtenu, comme on le voit, avec un nombre d'éléments inférieur de moitié à celui qui était nécessaire dans le cas précédent.

Les postes compris entre les stations sont munis de commutateurs ordinaires. Si l'on appuie sur la touche T par exemple un courant s'établit de part et d'autre de ce poste : la pile B_1 actionne les appareils situés à gauche, la pile B_2 ceux qui sont placés à droite.

Ici encore l'inégalité de résistance des deux circuits ainsi obtenus présentera de graves inconvénients.

Une autre disposition fort ingénieuse est celle qui a été imaginée par Kriczik sur la ligne de Pilsen à Pritsen et Komotau. Le fil de manœuvre est parcouru en permanence par un courant faible provenant d'une batterie de piles disposées dans l'une des stations.

Les appareils à cloche placés dans les postes intermédiaires ne sont pas influencés par l'existence ni par l'interruption de ce courant : ils ne peuvent être déclenchés que sous l'action d'un courant d'induction puissant.



L'appareil à cloche de la station renferme un électro-aimant qui diffère de ceux des autres appareils, en ce que le fil enroulé sur les bobines y présente un développement beaucoup plus grand et un diamètre notablement plus petit.

A l'état de repos, c'est-à-dire sous l'action du courant

continu qui circule en permanence dans le fil, le levier d'échappement qui commande le mécanisme de l'appareil est attiré par l'électro-aimant.

Si l'on vient à interrompre le courant en manœuvrant l'un quelconque des commutateurs des postes intermédiaires, le levier est ramené en arrière par un ressort, et déclenche l'appareil.

Le mécanisme moteur est relié avec la manivelle d'une machine d'induction J, de telle sorte qu'à chaque déclenchement de l'appareil, la machine d'induction entre en action et lance dans le fil de manœuvre des courants qui agissent sur les appareils intermédiaires L.

Cette disposition paraît très ingénieuse et très économique, mais la régularité et l'efficacité des manœuvres dépendent entièrement du bon fonctionnement de l'appareil très compliqué de la station.

C'est dans le même ordre d'idées que MM. Siemens et Halske ont installé les signaux à cloche sur la ligne du Saint-Gothard. La machine d'induction y est simplement remplacé par une batterie énergique de piles Leclanché.

CHAPITRE III.

APPAREILS DE BLOCK-SYSTEM EN USAGE EN AUTRICHE.

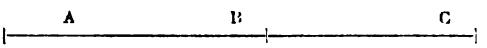
D'après le tableau que nous avons donné en tête de ce rapport, les seuls appareils de block-system en usage en Autriche sont les appareils Siemens et Halske, et ceux de Hattemer et Kohlfürst. Quelques lignes ont fait toutefois l'essai de systèmes automatiques et nous donnerons plus loin la description d'un appareil de ce genre imaginé par M. Joseph Kramer et appliqué en un point de la ligne Empereur François-Joseph. Les appareils Siemens et Halske ont déjà été décrits en France et ont fait l'objet

d'une étude spéciale à la suite d'un voyage de mission en Belgique fait avec M. de Romilly. Nous ne nous y arrêterons donc pas.

Appareils de block-system de Hattemer et Kohlfürst. — Les appareils Hattemer et Kohlfürst appartiennent, comme les électro-sémaphores de Tesse, Lartigue et Prudhomme et ceux de Siemens et Halske, au groupe des appareils caractérisés par la solidarisation des signaux électriques et des signaux visuels.

Ils sont fondés sur le même principe que les appareils Siemens, c'est-à-dire que la manœuvre du bras sémaphorique se fait toujours mécaniquement et que l'électricité n'intervient que pour déclencher la manivelle motrice du signal. Ils en diffèrent par le mode d'enclenchement adopté et par la suppression de l'annonce des trains, cette annonce devant se faire en Autriche à l'aide des cloches électriques.

Ils établissent d'ailleurs entre les postes successifs une correspondance telle que l'agent du poste B par exemple ne peut, après le passage d'un train en B, débloquer la



section AB en arrière, sans avoir au préalable bloqué la section BC en avant.

Les principaux détails de l'appareil qui a été appliqué, par la compagnie du chemin de fer Empereur François-Joseph, sur la section de Prague à Nusle (5 kilomètres), sont figurés sur la planche XIII, *fig.* 3 à 7.

L et L_2 sont les leviers de manœuvre des deux bras du sémaphore correspondant aux deux sens de la marche des trains.

Ils sont mobiles autour des axes x_1 et x_2 et commandent les tringles de manœuvre Z_1 et Z_2, de telle sorte que les ailes des sémaphores se mettent à l'arrêt quand on relève les leviers.

Quand le levier L_1 est abaissé (*fig.* 3), le loquet *v*, mobile autour de l'axe *y*, s'engage dans une entaille ménagée dans une pièce R solidaire du levier. Ce loquet peut être relevé à l'aide d'une manivelle K_1, symétrique de la manivelle K_2 indiquée sur la figure, à condition toutefois que la tige P commandée par l'appareil électrique d'enclenchement ne s'oppose pas à ce moment.

Lorsque le levier L_1 est relevé et que l'aile du sémaphore est par conséquent horizontale, le loquet *v* s'engage dans une deuxième entaille *m*, et se trouve alors de 2 centimètres environ plus bas que dans la position précédente. La cheville Q articulée avec *v*, dégage alors le bouton poussoir, qui sert à donner voie libre au poste d'amont.

Quant à l'appareil d'enclenchement, il se compose :

1° De la tige P articulée avec le loquet *v*, et qui prend un mouvement vertical ascendant quand on tourne la manivelle K ;

2° D'une pièce V mobile autour de l'axe *o* (*fig.* 4 et 5), échancrée dans la partie non recouverte de hachures de manière à permettre le mouvement ascendant de la tige P, quand on lui imprime un mouvement de rotation vers la gauche. Cette pièce V porte un bras rigide *a*, au bout duquel se trouvent deux voyants l'un rouge *r*, l'autre blanc *b*, qui viennent se placer alternativement devant une fenêtre ménagée dans l'enveloppe métallique de l'appareil ;

3° D'un secteur Z mobile autour d'un axe *t*, indépendant de l'axe *o* (*fig.* 6 et 7) et muni sur son pourtour d'un certain nombre de goupilles *i* qui s'engagent dans l'échancrure d'une fourche oscillant sous l'influence des courants d'induction envoyés par le poste d'aval ;

4° D'une tige coudée *m* (*fig.* 6) terminée par un bouton *m* qui fait tourner la pièce V vers la gauche et dégage ainsi la tige P, lorsque le secteur Z s'abaisse de la position *z'* à la position indiquée *z* sur la figure.

La tige P se termine d'ailleurs par une surface courbe disposée de manière à pousser le bouton *m* devant elle, pendant son mouvement ascendant et à relever ainsi le secteur Z.

Les différentes pièces du mécanisme sont équilibrées de manière que le bras *a* qui porte les deux voyants ainsi que le secteur Z tendent à s'abaisser sous l'action de leur propre poids.

Ceci posé, voici comment fonctionne l'appareil.

Supposons qu'un train se dirige du poste A vers le poste B et qu'il n'y ait aucun train engagé dans la section BC. Le stationnaire C peut alors donner voie libre à B : à cet effet il presse sur le bouton D de son appareil et tourne la manivelle de son inducteur. Les oscillations produites dans l'appareil récepteur de B dégagent successivement les goupilles *i* ; le secteur Z descend, prend la position *z* de la figure 7, en faisant tourner la pièce échancrée V, déclenche ainsi la tige P et fait apparaître le voyant blanc *b*.

Le stationnaire B peut alors mettre le sémaphore à voie libre s'il n'était pas déjà dans cette position.

Après le passage du train, il soulève le loquet *v*, à l'aide de la manivelle K_1 et place le sémaphore à l'arrêt en relevant le levier L_1, qui se trouve dès lors enclenché. En effet en tournant la manivelle K_1, le stationnaire a donné à la tige P un mouvement ascendant, et ramené ainsi le secteur Z dans sa position indiquée en pointillé sur la figure 7. Lors donc que la manœuvre est terminée et que le taquet *v* est retombé dans l'échancrure *m*, la pièce V n'étant plus soutenue par le secteur Z ni par la tige P pivote autour de son axe ; le voyant rouge apparaît et le mouvement ascendant de la tige P se trouvera arrêté par la partie pleine de la pièce V tant que le poste C n'aura pas de nouveau déclenché le secteur Z.

Le sémaphore une fois tourné à l'arrêt, le stationnaire

de B peut donner voie libre au poste A en pressant sur le bouton D. Il ne pourrait intervertir l'ordre de ces deux manœuvres, parce que la tige Q enclenche le bouton D, tant que le taquet *v* se trouve dans l'échancrure de R_1 qui correspond à la position supérieure du levier L, c'est-à-dire à voie libre.

Appareil automatique de block-system de Joseph Kramer. — L'appareil imaginé par M. Joseph Kramer chef du service télégraphique de la ligne Empereur François-Joseph n'a pas encore été appliqué, du moins à notre connaissance, comme appareil de block-system. Il a été employé pour assurer la sécurité du passage dans le souterrain de Prague, où deux trains ne doivent jamais s'engager à la fois.

L'appareil se compose essentiellement :

1° D'un signal optique mû par l'électricité et qui se met à voie libre ou à voie fermée suivant le sens du courant qui le traverse ;

2° D'une pédale longitudinale au rail et que les roues du train abaissent au passage ;

3° D'un commutateur relié avec la pédale.

Le signal optique (Pl. XIII, *fig.* 8 et 6) comprend une boîte métallique, dont l'une des faces est entièrement peinte en blanc. Cette face est munie d'une ouverture circulaire fermée par une glace de verre, qui laisse voir le fond de la boîte également peint en blanc.

De nuit, la face postérieure de la boîte est remplacée par une lanterne.

Entre la glace et l'arrière-plan peut venir s'interposer un disque transparent C de soie rouge, qui, la nuit, colore en rouge le feu de la lanterne.

Le disque est actionné par un moteur électro-magnétique spécial (*fig.* 8 et 9) ; M est un aimant en forme de fer à cheval, dont le pôle sud S est formé d'une pièce transversale. Sur cette pièce transversale sont soudés deux

barreaux de fer doux E_1 et E_2 qui forment les noyaux de deux électro-aimants.

Les fils des électro-aimants sont enroulés en sens contraire sur les bobines et communiquent d'une part entre eux et d'autre part avec la conduite télégraphique.

Le pôle nord N de l'aimant est prolongé par une partie P, Q, T, mobile autour d'un axe *w* qui s'appuie sur les deux branches de l'aimant et doit être constitué par un métal diamagnétique.

L'une des extrémités T de la partie mobile se meut devant les deux électro-aimants et est attirée indifféremment par chacun d'eux, tant qu'aucun courant ne passe dans les bobines. L'autre extrémité porte le disque rouge.

Si l'on fait passer un courant dans les électro-aimants, l'une des branches du pôle sud E_1, par exemple, est désaimantée ; l'autre E_2 est renforcée : elle attire donc la partie mobile T, et le voyant rouge apparaît. Si l'on renverse le courant, la branche mobile est attirée par E_1 et le voyant rouge disparaît.

Le disque reste d'ailleurs dans la position qu'il a prise tant que le courant est interrompu.

La partie automatique de l'appareil se compose d'une pédale AA de $4^m,80$ de longueur, reliée en quatre points avec un axe horizontal B parallèle au rail, par l'intermédiaire de quatre manivelles (*a*, *a*) articulées. Sur l'axe horizontal est calé un bras E portant un contrepoids F qui tend à relever la pédale (*fig.* 12, 13 et 14).

La pédale s'abaisse sous l'action des roues des véhicules dans quatre fourches qui empêchent tout mouvement latéral.

La rotation de l'axe se transmet au commutateur qui est renfermé dans une boîte étanche en fonte (*fig.* 10 et 11). Il se compose d'un axe L, portant un balancier en laiton M contre lequel viennent s'appuyer trois ressorts r_1, r_2 et r_3.

L'un des deux ressorts de gauche r_1 est en communication avec le ressort voisin r_2, quand la pédale est aban-

donnée à elle-même, et avec le ressort r_3, quand la pédale est abaissée. Le passage d'un train sur la pédale produira donc une interversion du courant.

Le diagramme de la figure 17 indique comment l'appareil Kramer peut servir à la protection des tunnels.

A chacune des extrémités de l'ouvrage se trouvent :

1° Un signal S_1 ;

2° Deux pédales P_1, P_2, distantes de 18 mètres environ l'une de l'autre ;

3° Deux commutateurs C_1, C_2 ;

4° Une batterie de piles, reliées avec les boutons des commutateurs comme l'indique la figure.

Quand l'appareil est au repos, le bouton 1 commuique avec le bouton 2 et le circuit de la pile n'est pas fermé. Quand un train vient à passer sur la pédale correspondante, il s'établit une communication entre 1 et 3, pendant tout le temps du passage du train.

Ceci posé, voyons ce qui se passe à l'une des entrées du tunnel. Soit un train se dirigeant vers le tunnel dans le sens indiqué par la flèche noire pleine. Les quatre dernières voitures du train en passant sur la pédale P_2 amèneront le bouton 1 du commutateur C_2 en contact avec le bouton 3 ; et les courants s'établiront dans le fil comme l'indiquent les petites flèches pleines. Les deux signaux S_1 et S_2 placés aux deux entrées de l'ouvrage se mettront à voie fermée.

Supposons maintenant qu'un train sorte du tunnel dans la direction indiquée par la flèche pointillée. En passant sur la pédale P_1, il mettra 1 en communication avec 3 dans le commutateur C_1. Le courant se trouvera inversé, et les deux signaux S_1 et S_2 se remetteront à voie libre.

Les diagrammes *fig.* 16 et 21 indiquent comment l'appareil Kramer peut être utilisé pour l'exploitation d'une ligne à voie unique par le block-system.

A chaque poste intermédiaire (*fig.* 21) se trouveraient

1° Deux signaux B_1 et A_2 l'un relatif à la section A_1 B_1, l'autre correspondant à la section A_2 B_2;

2° Deux pédales P_1 et P_2 communiquant chacune son mouvement à un commutateur double, tel qu'il est figuré en C_1 C_2 sur la figure 16.

Supposons qu'un train se dirige de la section L_1 (*fig.* 16) vers la section L_2 dans le sens de la flèche ☞. En passant sur la première pédale P_1 du poste, il détermine l'émission dans les fils de manœuvre L_1 et L_2 de courants dirigés comme l'indiquent les petites flèches pleines ☞. Ces courants mettent à l'arrêt les signaux placés à l'origine et à l'extrémité de la section L_1 et à voie libre ceux de la section L_2.

Mais aussitôt que le train atteint la deuxième pédale P du poste, les courants tendent à changer de sens ainsi que l'indiquent les flèches pointillées ; et les derniers wagons du train remettent à voie libre les signaux de la section L_1 et à l'arrêt ceux de la section dans laquelle entre le train.

L'appareil Kramer peut être utilisé aussi comme signal à distance et manœuvré non-automatiquement à l'aide d'un commutateur.

Le diagramme de la figure 15 est relatif à cette application. C_1 est le commutateur servant à la mise à l'arrêt des signaux S_1 et S_2, C_2 le commutateur pour la mise à voie libre.

Les diagrammes *fig.* 18 à 20 représentent les communications qui s'établissent entre les éléments des commutateurs suivant la position du train.

Appareils de block-system Tesse Lartigue et Prudhomme, modifiés. — Parmi les appareils de block-system que nous avons eu l'occasion d'étudier pendant notre voyage en Autriche, nous devons citer l'appareil Tesse, Lartigue et Prudhomme modifié par la Compagnie du Nord et qui a figuré à l'exposition d'électricité de Vienne.

Cette modication, réalisée par M. E. Sartiaux, Inspecteur du service télégraphique de cette compagnie d'après le programme dressé par M. A. Sartiaux, directeur de l'exploita-

tion, a pour objet d'établir entre deux sections consécutives exploitées par le block-system une dépendance telle que :

1° Un stationnaire ne puisse donner voie libre en arrière, avant d'avoir bloqué la section en avant ;

2° Qu'il ne puisse débloquer en arrière une section et les sections précédentes, qu'après avoir mis son sémaphore à l'arrêt autant de fois qu'il a introduit de trains dans la section en avant.

Nous renvoyons pour l'étude de cette intéressante disposition à un article publié par M. A. Sartiaux dans la *Revue générale des chemins de fer* (n° de novembre 1883).

Postes d'enclenchement en usage en Autriche. — D'après le tableau que nous avons donné en tête de ce rapport, les seuls appareils de ce genre en usage en Autriche appartiennent aux systèmes Schnabel et Henning, Saxby et Farmer, Siemens et Halske.

Appareils Schnabel et Henning. — L'appareil Schnabel et Henning pour la concentration des leviers d'aiguilles et de signaux a été décrit par M. Cossman dans la *Revue générale des chemins de fer* (n° de mars 1881). Sans vouloir revenir sur cette description, nous signalerons seulement différents détails de construction imaginés par ces Ingénieurs et exécutés à Prague par la Société de construction de machines de Carolinenthal. On en trouverait les dessins dans les annexes de notre rapport.

1°. — Levier universel et mode d'enclenchement.

2°. — Levier d'aiguille pour bifurcation simple.

3°. — Mode de transmission rigide pour la manœuvre d'une aiguille, rendant inutile les appareils de compensation. La tringle de manœuvre B de l'aiguille est articulée à son extrémité avec un balancier mobile autour de l'axe O et muni de deux roulettes r et r_1. La tige rigide S qui est manœuvrée de l'appareil central présente au droit de l'aiguille une inflexion sur laquelle repose la roulette r. Lorsque cette tige se meut vers la droite, la roulette r_1 reste

d'abord sur sa partie rectiligne; un allongement de la tige dû à une élévation de la température ou à toute autre cause serait donc sans effet sur l'aiguille.

Si le mouvement de S continue, la roulette r_1 arrive sur la partie courbe ; et la roulette r fait pivoter le balancier et manœuvre ainsi l'aiguille.

La longueur de la tringle B et celle de la tringle A peuvent d'ailleurs être réglées mathématiquement à l'aide de manchons à vis.

4°. — Transmission rigide ordinaire.

5°. — Transmission rigide permettant de faire l'aiguille à l'anglaise, sans fausser les appareils. Le levier coudé *a*, *b*, *c*, *d* est articulé en *a* avec la tringle qui commande la pointe A de l'aiguille et en C avec la tringle qui commande la contre-aiguille C. Lorsqu'un train prend l'aiguille en talon, le levier coudé passe de la position indiquée sur les figures 1 et 3 à la position indiquée sur la figure 2.

Pour faciliter le mouvement automatique des leviers de manœuvre dans l'appareil central, on munit les aiguilles de contrepoids.

6°. — Appareil pour la manœuvre des aiguilles par des tiges rigides, sans compensateur, dans le cas ou le rail repose sur longrines, analogue à la disposition de la planche n° 6.

7°. — Taquet de sûreté.

Ce taquet imaginé par MM. Schnabel et Henning, est manœuvré du même poste central que les aiguilles et les signaux. Il a pour objet d'arrêter les véhicules lancés sur une voie soit par une manœuvre de triage, soit par une fausse manœuvre et remplace avantageusement les voies de sécurité. Il se compose de deux sabots de fonte A, A_1 (*fig.* 1, 2 et 3) que le stationnaire du poste peut placer sur les rails à l'aide de la tige de manœuvre S, et des manivelles g, g_1, f, d, f_1, d_1. Le premier wagon qui atteint les sabots les entraine avec lui et continue son mouvement,

jusqu'à ce que le frottement de glissement développé au contact du rail et du sabot ait amorti sa force vive.

Chaque sabot est muni d'un rebort *a* (*fig.* 5) qui est engagé à frottement doux dans une rainure à queue d'aronde ménagée dans la règle *r* qui forme le support de l'appareil.

Une tige K (*fig.* 4 et 5) presse le rebord du sabot contre la rainure *r* par l'intermédiaire d'un ressort. Un levier *l* mobile autour de l'axe *x*, traverse à frottement doux la pièce *p* qui est solidaire de la règle *r*, et s'appuie sur le secteur circulaire *q*.

Lorsque le sabot est entraîné par le véhicule, la tige K se meut dans le sens de la flèche (*fig.* 4) sous l'action du ressort, et la partie courbe qui termine le levier *l* vient s'accrocher derrière la partie *m* du secteur, et empêche ainsi toute manœuvre du taquet d'arrêt, jusqu'à ce que le sabot ait été remis en place.

Cet appareil, qui permet d'arrêter un wagon ou même un groupe de wagons dans un espace très court, est couramment employé dans la nouvelle gare de Strasbourg pour les manœuvres de triage.

Appareils Saxby et Farmer, Siemens et Halske. — L'application de ces appareils sur les lignes autrichiennes ne présente aucun intérêt particulier.

CHAPITRE IV.

DES SIGNAUX A DISTANCE MANŒUVRÉS A L'AIDE DE L'ÉLECTRICITÉ.

Théorie générale des signaux électro-mécaniques (*). — Le problème de la transmission des signaux à distance

(*) Une partie des considérations qui suivent ont été empruntées à un ouvrage de M. L. Kohlfürst, intitulé *Die Elektrischen Einrichtungen der Eisenbahnen*, et publié en 1883 à Vienne chez A. Hartleben.

peut se résoudre de deux manières : ou bien l'agent chargé de la manœuvre actionne directement le signal à distance à l'aide d'une transmission mécanique ou d'une transmission électrique, ou bien il transmet à un deuxième agent placé près du signal l'ordre ou l'avis de manœuvre.

Dans ce dernier cas il importe pour la sécurité de l'exploitation que l'agent chargé de donner l'avis de manœuvre soit averti par une transmission en retour de l'état du signal.

La manœuvre électrique des signaux à distance présente certains avantages : elle est facile et n'exige aucun effort de la part de l'agent. Les appareils de compensation sont inutiles. L'établissement de la transmission est des plus simples. La plupart des dérangements des appareils électriques sont aussi faciles à découvrir et à réparer que les dérangements qui surviennent dans les transmissions mécaniques. Les perturbations dues à l'action de l'électricité atmosphérique ou terrestre sont très rares et l'effet en peut être atténué et même annulé.

Dans l'état actuel de la science, nous pensons, toutefois, d'accord avec la plupart des Ingénieurs autrichiens que, si la distance comprise entre le signal et le poste de manœuvre en permet l'emploi, les transmissions mécaniques doivent être préférées.

Dans certains cas, assez rares, l'électricité est employée directement comme force motrice. C'est le cas des sonneries à trembleur et d'un très petit nombre de signaux électriques à distance (système Rikli, par exemple).

Dans la majeure partie des cas, l'électricité n'intervient que pour déclencher un poids moteur. A ce système appartiennent les cloches Siemens, les cloches Leopolder et la plupart des signaux électriques à distance en usage sur les lignes autrichiennes (systèmes Leopolder, Schœnbach, Teirich, Weyrich, Hohenegger, Schafler, Krizik, Langié, Banovits, etc.).

Que le signal soit acoustique ou optique, il importe que la force motrice ne soit pas épuisée après une seule manœuvre et que l'appareil se réenclenche automatiquement, aussitôt qu'il a donné le signal qui lui est demandé.

Au point de vue du réenclenchement, les appareils peuvent se diviser en deux catégories bien distinctes. Dans certains cas, il suffit que le réenclenchement ramène le mécanisme dans la même situation qu'il avait avant le déclenchement. Tel est le cas des cloches Leopolder, où tous les signaux élémentaires donnés successivement par l'appareil sont identiques.

Dans d'autres cas, au contraire, pour les disques à distance par exemple, le rôle de l'appareil est de donner successivement des indications différentes : il faut alors que chaque position du signal corresponde à une position déterminée du mécanisme. Si le disque à distance est tourné à l'arrêt, par exemple, il faut que l'appareil soit enclenché de telle sorte que le premier déclenchement survenant amène le disque à voie libre et inversement.

D'où, deux catégories d'appareils, les appareils à enclenchement indéterminé et les appareils à enclenchement déterminé.

Appareils à enclenchement indéterminé. — Les organes de déclenchement, même les plus simples, comprennent tous une partie électrique et une partie mécanique.

La partie mécanique se compose généralement d'un levier H (Pl. XIII, *fig.* 25), mobile autour de l'axe X et qui, à l'état normal, s'oppose au mouvement d'une roue *u* solidaire du mécanisme moteur. Le levier H se termine à son extrémité par un prisme triangulaire *e*, dont les arêtes sont disposées normalement au plan de la figure.

La partie électrique, réduite à sa plus simple expression, est constituée par un électro-aimant M et par une armature A qui, dans l'une de ces dispositions, enclenche le

levier H et qu'un ressort *f* tend à écarter du pôle de l'électro-aimant.

Dans la disposition schématique indiquée sur la planche XIII, le mécanisme reste au repos tant qu'aucun courant ne circule dans l'électro-aimant.

Mais aussitôt que l'armature A est attirée, le levier H, abandonné à son propre poids, s'abaisse, dégage ainsi le cliquet C et l'axe *u* (*fig.* 26) et par conséquent tout le mécanisme se met en mouvement.

Lorsque la roue R a effectué une demi-révolution autour de son axe, une came *d* relève le levier H en agissant sur le taquet *m* et réenclenche ainsi le cliquet C si l'armature A est revenue à sa position première.

Pour éviter d'ailleurs les chocs qui se produiraient au contact de la pièce C et du taquet *n*, par suite d'un arrêt brusque du mécanisme, on relie C avec l'axe *u*, par l'intermédiaire d'un ressort spiral.

Dans le cas où l'appareil devrait fonctionner par interruption et non par émission de courant, la palette *p* au lieu d'être tournée vers la gauche, le serait vers la droite, ou bien l'électro-aimant serait placé de l'autre côté de l'armature.

D'après la disposition rudimentaire que nous venons d'esquisser, le réenclenchement n'a lieu que si l'armature est revenue à sa position première. Pour éviter que l'appareil ne continue à tourner, quand l'émission ou l'interruption du courant a été trop prolongée, on donne généralement à l'armature la forme d'une fourche (*fig.* 27). Chacune des branches de la fourche est munie d'une palette (*fig.* 27 et 28), qui est maintenue dans la position indiquée sur la figure par un ressort *z* et qui cède, en fléchissant ce ressort, à une pression exercée de bas en haut.

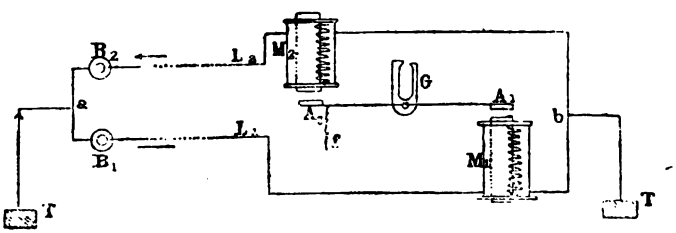
Si l'armature A n'est pas encore revenue à sa position normale, au moment où le levier H est soulevé par la

came *d*, le réenclenchement se fera sur la palette *q* (*fig.* 27) et le prisme *e* du levier H retombera simplement de *q* en *p*, au lieu de s'abaisser entre les deux branches de la fourche lorsque le courant sera interrompu.

Dans le cas où l'appareil devrait fonctionner par interruption de courant, on donnerait à la fourche la disposition de la figure 28.

Le perfectionnement que nous venons d'indiquer ne mettrait pas l'appareil à l'abri des perturbations dues à l'électricité atmosphérique. Il suffirait d'un courant accidentel, ou d'une interruption momentanée de courant pour déclencher le levier d'embrayage et pour changer les indications du signal contre le gré ou même à l'insu des agents chargés de la manœuvre.

Pour remédier à ces inconvénients, certains ingénieurs ont proposé de doubler le fil de manœuvre, et d'actionner



le levier A_1, A_2, solidaire de la fourche G par deux électro-aimants, dans lesquels on envoie des courants de sens contraire à l'aide des deux batteries B_1, B_2 placées au poste expéditeur. Si l'un des deux courants est affaibli par l'électricité atmosphérique, l'autre sera renforcé, et l'effet produit sur l'armature A_1, A_2, ne sera pas modifié.

On peut éviter également les perturbations dues aux orages en manœuvrant le signal à distance à l'aide de courants d'induction alternatifs. Dans ce cas la fourche G présente la forme indiquée sur la planche XIII, *fig.* 29, qui ne permet le déclenchement qu'à la suite d'une série d'oscil-

lations alternatives de gauche à droite et de droite à gauche.

Appareils à enclenchement déterminé. — Les appareils à enclenchement indéterminé dont nous avons parlé jusqu'à présent permettent de mettre à l'arrêt un signal qui était à voie libre, et à voie libre un signal qui était à l'arrêt. Ils suffiraient donc à résoudre le problème de la transmission électrique des signaux à distance, si l'agent expéditeur était constamment renseigné, avec certitude, sur la situation exacte du signal avant la manœuvre. Or il ne dispose, à cet égard, que des appareils acoustiques ou optiques de contrôle, dont le fonctionnement est sujet aux mêmes causes d'erreur que la manœuvre des signaux elle-même, et dont les indications offrent précisément le moins de garantie au moment où elles seraient le plus utiles.

La solution du problème ne sera complète que si l'on peut, à volonté, mettre le disque à voie libre ou à l'arrêt, sans se préoccuper de la situation qu'il avait auparavant. Tel est le rôle des appareils à enclenchement déterminé.

On les dispose, généralement, de façon que le signal prenne et conserve l'une de ses deux positions, quand le fil de manœuvre est parcouru par un courant continu, et son autre position, quand ce courant est interrompu. A chacune de ces phases correspond d'ailleurs un état d'enclenchement spécial du mécanisme.

Nous allons passer en revue quelques-uns des signaux en usage en Autriche qui répondent à ce programme et nous insisterons plus particulièrement sur le système Schæfler, qui nous a paru l'un des mieux conçus et des plus complets.

SIGNAL ÉLECTRIQUE DE SCHŒNBACH.

Le signal électrique à distance de Schœnbach est en usage sur le chemin de fer Impératrice Elisabeth, sur la ligne d'Aussig-Teplitz, sur les lignes de la Société Autri-

chienne des chemins de fer de l'Etat, sur le réseau François-Joseph et sur d'autres lignes encore. C'est le plus ancien des appareils de ce genre qui ait été appliqué en Autriche et l'un des plus répandus.

Il se compose d'un disque de $0^m,80$ de diamètre, percé à jour suivant une disposition radiale et mobile autour d'un axe vertical qui est supporté par une pyramide quadrangulaire en bois de 3 mètres de hauteur et de $0^m,84$ de largeur à la base. Deux portes ménagées dans les parois de la pyramide permettent de visiter l'appareil moteur, dont l'action se transmet au disque par l'intermédiaire d'un engrenage conique.

Le disque est normalement effacé. Une rotation de 90° le met à l'arrêt ; une deuxième rotation de 270° le ramène à voie libre.

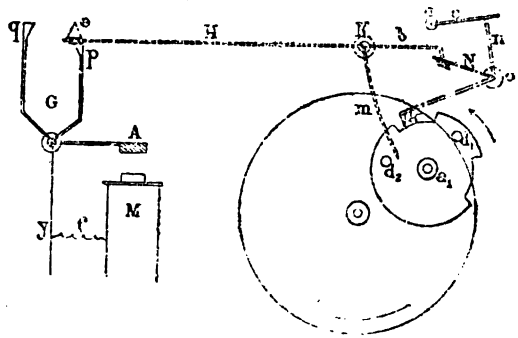
Le manipulateur se compose d'une manivelle, qu'on peut amener, en la faisant tourner toujours dans le même sens, dans trois positions différentes correspondant à *repos*, *voie fermée* et *voie libre*.

Quant à l'appareil d'embrayage il est figuré sur la figure ci-après. Lorsque la manivelle est tournée à « Repos », aucun courant ne circule dans le fil de manœuvre. Le prisme du levier d'échappement repose donc sur le taquet inférieur p de la fourche G.

En amenant la manivelle dans la position de *voie fermée*, on ferme le circuit ; l'électro-aimant M attire l'armature A, le levier H tombe dans la fourche et soulève, par l'intermédiaire d'une goupille fixée sur son bras postérieur, la branche intermédiaire du levier N. Le cliquet C échappe ; le crochet K dégage le disque V ; et l'appareil se met en mouvement sous l'action d'un poids moteur de 30 kilogrammes environ.

Après une rotation de 90° de l'axe a_1 et du signal, le goujon d_1 vient appuyer la branche m du levier d'échappement, qui est relevé et va reposer de nouveau sur le

taquet q. Le crochet k ainsi dégagé retombe dans l'échancrure ménagée sur le pourtour du disque V, immédiatement après le goujon d_1, et le cliquet C est arrêté.



Si l'on continue à tourner la manivelle jusqu'à la position *voie libre*, le courant qui circule dans le fil de manœuvre est d'abord interrompu, puis rétabli. H tombe d'abord de q en p puis dans G. L'appareil se trouve ainsi déclenché, se met en mouvement et ne s'enclenche de nouveau, par l'intermédiaire du goujon d_2, qu'après avoir effectué une rotation de 270°, ce qui amène le disque à voie libre.

Si l'on replace la manivelle au *repos*, le prisme C retombe de q sur p, de telle sorte que la première émission du courant fermera le signal.

L'appareil que nous venons de décrire présente le grave inconvénient d'être exposé à l'action perturbatrice des orages. Un courant atmosphérique peut neutraliser le courant électrique destiné à mettre le disque à l'arrêt et renverser ainsi, à l'insu des agents, les indications du signal.

APPAREIL SCHŒNBACH MODIFIÉ PAR TEIRICH.

La modification apportée par M. Teirich à l'appareil Schœnbach permet de remédier à ces inconvénients Pl. XIII, *fig.* 22 à 24).

Dans l'appareil Teirich le fil de manœuvre est traversé par un courant, lorsque le disque est à voie libre.

Aucun courant n'y circule quant le disque est à l'arrêt. Dans ce dernier cas, le levier d'échappement H (*fig.* 24) repose donc par le prisme *e* sur la palette *q*.

Pour faire passer le disque à la position de voie libre, il faut envoyer d'abord un courant de faible durée dans le circuit, de manière à faire tomber le prisme *e* de *q* en *p* ; puis interrompre le courant pour dégager entièrement le levier.

On devra d'ailleurs rétablir aussitôt après le courant de manière à faire reposer le levier H sur la palette *p*, quand le disque est à voie libre.

Il suffira alors d'une simple interruption du courant pour le ramener à l'arrêt.

Dans les deux cas le levier H en s'abaissant sur la fourche G relève, par son autre extrémité, le levier à trois branches N mobile autour de l'axe *o*, et dégage ainsi le cliquet C et la roue V.

Quand la roue V a fait une révolution complète, correspondant au changement de position du signal, un doigt *d* solidaire de cet axe relève le levier H en appuyant sur une de ses branches *m* et comprime ainsi le ressort *i*, qui, en se détendant fait retomber le crochet K dans l'échancrure correspondante.

Sur l'axe *u* est monté un régulateur à force centrifuge.

D'après la disposition que nous venons d'esquisser, on voit que toute rupture accidentelle du circuit aura pour effet de mettre le disque à l'arrêt, s'il est à voie libre ou de le laisser à l'arrêt s'il y est déjà. Mais cette disposition n'empêcherait pas un courant atmosphérique de faible durée de mettre à voie libre le disque tourné à l'arrêt.

Pour rendre son appareil entièrement indépendant des influences atmosphériques, M. Teirich l'a disposé de

manière qu'il faut un courant prolongé pour mettre le disque à voie libre et une interruption prolongée pour le mettre à l'arrêt.

A cet effet, l'axe autour duquel oscille l'ancre de l'aimant, porte en outre (*fig.* 22 et 23) deux petits taquets J_1 et J_2.

Sur un axe S, parallèle à l'axe Z, sont montés deux leviers C_1 C_3 et C_2 C_4 à deux branches. L'un de ces leviers C_1 C_3 ne peut atteindre le taquet J_1 et faire osciller la fourche vers la droite que si l'armature A n'est pas attirée par l'électro-aimant ; et l'autre C_2 C_4 ne peut atteindre le taquet J_2 et ramener la fourche vers la gauche que si l'armature est attirée.

A l'état normal, ils ne gênent d'ailleurs en aucune façon le mouvement oscillatoire de la fourche, et n'agissent que lorsqu'ils sont actionnés par les goujons r_1 r_3 et r_2 r_4 disposés sur la face antérieure et la face postérieure d'une roue R.

La figure 24 indique la position du mécanisme quand le disque est à l'arrêt. Supposons qu'un courant électrique accidentel de peu de durée vienne à circuler dans le fil de manœuvre : l'armature A un instant attirée revient dans sa position normale et l'oscillation complète ainsi produite dégage le levier d'échappement et par suite l'appareil moteur. Le levier H irait donc se réenclencher sur la palette q et le disque se mettrait à voie libre si le goujon r_1 n'intervenait à ce moment. Quelques instants avant que le prisme e n'atteigne la palette q, le goujon r_1 vient appuyer sur C_1 ; la branche correspondante C_3 fait incliner vers la droite la fourche G qui reprend sa position normale dès que r_1 a dépassé C_1, Cette double oscillation a pour effet de déclencher de nouveau le levier, de faire tourner de nouveau la roue R de 90° et de rétablir ainsi tout le mécanisme dans la situation qu'il avait avant le déclenchement accidentel.

Remarquons d'ailleurs que dans l'hypothèse que nous avons faite d'un courant accidentel de peu de durée, le goujon r_2, en agissant sur la branche de levier C_2 ne produira aucun effet sur le taquet J_2 ni par conséquent sur le levier d'enclenchement, puisque le bras C_4 ne peut atteindre le taquet J_2 que si l'armature A est attirée.

On verrait de même qu'une interruption momentanée et accidentelle du courant, survenant pendant que le disque est à voie libre, déclencherait bien l'appareil, mais n'aurait d'autre effet que de le faire tourner de 180°, ce qui le ramènerait dans la même situation qu'avant le déclenchement.

L'appareil Teirich fonctionne avec beaucoup de régularité et d'une manière très satisfaisante sur les chemins de fer du Sud Autrichien, sur les lignes du Salzkammergut et sur le chemin de fer de l'Ouest Impératrice Elisabeth.

SIGNAL A DISTANCE DE OTTO SCHÄFLER.

Le mât du signal se compose soit d'une colonne métallique placée sur un socle en fer (*fig.* 1 et 2, Pl. XIV), soit plus généralement d'une pyramide en bois (*fig.* 3 et *fig.* 4). Il supporte soit un disque (*fig.* 1 et 3), soit une aile à claire-voie (*fig.* 2 et 4).

Les supports en bois sont d'un aspect peu élégant, mais ils présentent certains avantages au point de vue de la conservation des appareils. Ils dispensent, en effet, d'établir, à la partie inférieure du mât, une fosse pour recevoir le poids moteur dans son mouvement descendant. Il n'en est pas de même dans le cas des supports métalliques. Or cette fosse est nécessairement humide, et les vapeurs qui s'en dégagent, jointes à l'action de la gelée qui se fait sentir avec plus d'intensité à travers les parois conductibles d'une enveloppe métallique, qu'au travers d'une chemise en bois, amènent une usure rapide des

rouages toujours délicats de l'appareil, quelques rustiques qu'ils paraissent.

Les lanternes qui servent à éclairer les signaux Schäfler de nuit ou par un temps de brume sont tantôt fixes, tantôt mobiles et solidaires du disque. Les dispositions généralement en usage sont indiquées sur les figures 1 à 4 et 9 à 11.

Quant au mode de fondation du support (*fig.* 5 à 8), il varie naturellement avec la consistance du terrain.

Mécanisme d'enclenchement. — Le mécanisme d'enclenchement tel qu'on le construit généralement aujourd'hui est représenté sur les figures 14 et 15. Les figures 12 et 13 sont relatives à un type un peu plus ancien qui a déjà été décrit dans l'*Organ für Eisenbahn-Wesen* et sur lequel nous n'insisterons pas.

L'appareil comprend (*fig.* 14) un taquet *m* relié à l'axe 3 par un ressort.

Un levier à deux branches L.

Un disque F monté sur l'axe I et muni sur son pourtour de deux échancrures diamétralement opposées.

Deux leviers déchappement H et H′ mobiles autour de deux axes indépendants, et munis à leur extrémité de prismes d'appui *g*.

Deux excentriques K et K^1 calés sur l'axe I de part et d'autre du disque F.

Une fourche E mobile autour de l'axe *c* et munie de deux palettes à ressort *f* et f^1.

Un électro-aimant pouvant attirer l'armature *a* qui est solidaire de la fourche.

Le levier L se trouve dans le même plan vertical que le taquet *m*, et que le disque F. Il présente au droit des extrémités *v* et v^1 des deux leviers d'échappement H et H′, une partie élargie, et est pressé contre le pourtour du disque F par un ressort.

L'excentrique K, le levier H et la palette *f* se trouvent également dans un même plan vertical.

Un deuxième plan vertical contient l'excentrique K′, le levier H′ et la palette *f′*.

L'excentrique K ne peut donc agir que sur le levier H. De son côté, le levier H ne peut reposer que sur la palette *f*.

De même pour K′, H′ et *f′*.

Les deux prismes *g* et *g′* sont d'ailleurs disposés de la manière suivante : Si l'armature *a* n'est pas attirée par l'électro-aimant, la palette *f* ne s'oppose pas à la chute du levier H; mais la palette *f′* enclenche le levier H′. Si l'armature est attirée, l'inverse se produit : le levier H est en prise, et le levier H′ est dégagé.

Les deux excentriques K et K′ sont d'ailleurs montés sur l'axe I, de telle sorte que, si le levier L se trouve engagé dans l'échancrure *z*, le levier H est maintenu par l'excentrique K, et H′ est dégagé par l'excentrique K′. Si, au contraire, le levier se trouve dans la deuxième échancrure, H′ est maintenu par K′, et H est libre.

Les oscillations de la fourche sont limitées par deux vis de position Z et Z′, et un ressort B tend à ramener la fourche dans sa position normale.

L'axe I est relié à l'axe du signal de telle manière qu'à chaque rotation de 180° de l'axe I correspond un changement de position du signal.

Ceci posé, voyons comment fonctionne l'appareil. Supposons que le signal soit à l'arrêt ; c'est l'hypothèse faite sur la figure 4. Dans ce cas, aucun courant ne circule dans l'électro-aimant ; le levier H′ est maintenu par la palette *f′*, et le levier H par l'excentrique K.

Si l'on fait passer un courant par l'électro-aimant, l'armature est attirée ; le levier H′ est déclenché, et comme i n'est pas maintenu par son excentrique, il s'abaisse dans la fourche et appuie par son extrémité *v′* sur le levier L qui déclenche le mécanisme moteur.

L'axe I se met à tourner. Après une rotation de 180°, le levier H′ se trouve ramené dans sa première position par l'excentrique K′; de son côté le levier H a été maintenu relevé par la palette *f*. Le levier L ne subissant plus d'autre action que celle du ressort qui l'appuie sur le pourtour de la roue F pénètre dans l'échancrure n° 2 et arrête le mouvement de l'appareil. Le signal est ainsi mis à voie libre, et y restera, tant qu'un courant circulera dans l'électro-aimant.

Remarquons que si le courant qui circule dans l'électro-aimant n'est que passager, il produira bien un déclenchement de l'appareil, mais le disque, au lieu de rester à voie libre, se remettra automatiquement à l'arrêt.

Supposons, en effet, que, sous l'action d'un courant électrique accidentel de peu de durée, la fourche E s'incline vers la droite et revienne à sa position normale immédiatement après. Le levier H′ tombe dans la fourche et provoque ainsi le déclenchement du mécanisme, mais, lorsque le disque F aura tourné de 180°, le levier H qui ne sera soutenu ni par la palette *f* ni par l'excentrique K entrera en action à son tour, et appuiera sur le levier L. La roue F continuera donc de tourner, et ne s'arrêtera qu'après une révolution complète de 360°.

De même aussi, le disque se remettrait automatiquement à voie libre, s'il se produisait dans la communication électrique une interruption de courant passagère.

Il existe donc dans l'appareil Schäfler, une corrélation entre la position du signal et l'état électrique du fil de manœuvre. Si le fil est traversé par un courant, le disque est à voie libre; s'il n'est traversé par aucun courant le disque est à voie fermée.

Les appareils de manœuvre sont protégés contre l'action de la foudre par des paratonnerres du modèle indiqué Pl. XV, *fig.* 12.

Transmission de mouvement. — La transformation du

mouvement de rotation continue de l'axe I en un mouvement alternatif de rotation du disque peut s'obtenir de bien des manières.

Schäfler a résolu ce problème de mécanique d'une manière assez originale, qui est représentée planche XIV, *fig.* 12, 12 *bis*, et planche XV, *fig* 1.

Sur l'arbre I est calée une poulie à gorge N dont le plan est incliné de 45° sur la direction de l'arbre.

L'intersection de ce plan et de l'arbre I se trouve exactement à l'aplomb de l'axe B de rotation du disque. La liaison entre B et I se fait par un prolongement coudé X de l'axe B, qui porte à son extrémité en W (*fig.* 12 *bis*) à la même hauteur que l'axe I, un galet engagé dans la rainure de la poulie.

D'après cette disposition, le galet porté par la partie coudée X se trouvera à un moment quelconque à l'une des extrémités du diamètre horizontal de la poulie. Si l'axe I tourne de 180° et que la poulie passe de la position *n o* (*Voir* plan de Pl. XV, *fig.* 1) à la position *n' o'*, le galet ira de *w* en *w'*, et le disque tournera ainsi de 90°.

Les *fig.* 2 à 5, Pl. XV, représentent d'autres modes de transmission auxquels nous ne nous arrêterons pas.

Manipulateur. — Le manipulateur comprend (*fig.* 9) :

Un support en bois muni de cinq vis 1, 2, 3, 4 et 5.

Un ressort B fixé invariablement à la vis 5, et simplement appuyé sur la vis 4.

Une manivelle mobile autour de l'axe A et pouvant se placer sur deux contacts F et H correspondant à voie libre et à voie fermée. Cette manivelle est munie, à la partie inférieure, d'un bouton qui presse sur le ressort B pendant le passage de la manivelle de l'une à l'autre de ces positions, mais qui cesse d'être en contact avec le ressort, une fois que la manivelle est arrivée soit sur F soit sur H.

La vis 1 communique avec le contact F de voie libre; la vis 2 avec la manivelle; la vis 3 avec le contact H de voie fermée.

Le fil venant de la batterie aboutit en 1 ; le fil de manœuvre en 2 ; 3 communique avec la terre ; enfin 4, 5 peuvent être mis en communication l'un avec le fil de contrôle, l'autre avec la batterie affectée au contrôle.

Appareils de contrôle. — Les signaux du système Schäfler sont généralement munis d'appareils de contrôle optiques et acoustiques, intercalés dans une conduite télégraphique spéciale, qui aboutit dans l'appareil de manœuvre à un ressort isolé *p* (Pl. XIV, *fig.* 12 *bis* et 14, et Pl. XV, *fig.* 6 et 7). Quand le disque est tourné à l'arrêt, ce ressort est mis en contact avec une lamelle *q*, isolée de l'appareil mais en communication avec la terre. Quand le disque est à voie libre, le ressort *p* est écarté de *q* par l'excentrique *c* formé d'une substance isolante.

Il en résulte que le circuit de contrôle est fermé dans le premier cas, et interrompu dans le deuxième cas.

L'appareil de contrôle optique est placé dans le bureau du chef de gare, à proximité du manipulateur. Il se compose d'un galvanoscope muni d'un petit disque rouge qui apparaît quand le courant circule dans le fil de contrôle (Pl. XV, *fig.* 8 et 11).

Les appareils de contrôle acoustiques se composent de sonneries à trembleurs ordinaires (Pl. XV, *fig.* 13) et sont placés soit contre les bâtiments des stations, soit dans les postes d'aiguilleurs.

M. Schäfler a construit également, à l'usage des mécaciens des trains en marche, un avertisseur du type Lartigue et Digney (Pl. XV, *fig.* 12.

Communication télégraphique. — La figure 14 indique la disposition habituelle des communications établies entre la batterie B, le manipulateur 1, 2, 3, l'électro-aimant M du signal à distance, et les appareils de contrôle *w*, *w'*.

Quand la manivelle du manipulateur est à voie libre, 2 communique avec 1, le circuit s'établit dans le fil de manœuvre par *d*, 1, 2, L, M, *c* et E. Aucun courant ne

passe d'ailleurs dans le fil de contrôle, puisque *p* et *q* ne sont pas en contact.

Quand la manivelle est sur *voie fermée*, 3 communique avec 2; aucun courant ne peut s'établir du pôle positif de la batterie au pôle négatif. Par contre, le circuit est fermé dans le fil de contrôle par *d*, *w*, *p*, *q*, *c* et E.

Nous avons vu qu'un courant accidentel ou une interruption momentanée du circuit dû à l'électricité atmosphérique ne produirait aucune perturbation durable dans les indications du signal.

Voyons ce qui se passerait dans le cas où il s'établirait un contact entre le fil de manœuvre et un fil étranger parcouru par un courant.

Si le signal est à l'arrêt, le courant étranger s'en ira à la terre par le chemin le plus court, c'est-à-dire en passant par *f* et *e*, et l'électro-aimant M n'entrera pas en action.

Si le signal est à voie libre, le courant qui circule dans le fil de manœuvre sera renforcé ou diminué par le courant étranger; et au pis aller, le disque se mettra à l'arrêt.

Il peut arriver aussi que le fil de manœuvre L vienne à communiquer avec le fil de contrôle *w*, *w'*. Si le signal est à l'arrêt, il s'établira un courant allant de B à la terre, en passant par *d*, par le point de contact des deux fils, par *f* et par *e*. Il pourra s'établir en même temps un deuxième courant allant de la pile B à l'électro-aimant M en passant par le point de contact des deux fils; mais ce courant affaibli par la dérivation produite par le précédent ne suffira pas à déclencher le mécanisme moteur du signal.

Si, au contraire, le disque est à voie libre, il restera dans cette position, puisque il importe peu que le courant arrive à l'électro-aimant en passant par le fil de contrôle ou par le fil de manœuvre.

Les diagrammes, Pl. XV, *fig.* 15 à 17, sont relatifs à d'autres modes d'établissement de communications télégraphiques;

ils sont suffisamment clairs pour que nous puissions nous dispenser de les expliquer.

Le signal à distance du système Schäfler est appliqué notamment par le chemin de fer de la vallée de la Waag et par celui de Pilsen-Priesen-Komotau.

SIGNAUX A DISTANCE DE BANOVITS, ROMMEL, WEYRICH, KRICZIK, LANGIÉ, HOHENEGGER.

Indépendamment des signaux de Schœnbach, de Teirich et de Schäfler, on trouve en usage sur les lignes autrichiennes toute une série d'appareils du même genre, présentant entre eux des différences plus ou moins grandes, mais pouvant se ramener toujours à l'un des types que nous venons d'étudier.

Ce sont : 1° les appareils Banovits, employés sur les chemins de fer de l'État de Hongrie et essayés sur la Südbahn ;

2° Le disque Rommel, expérimenté sur la Südbahn et sur l'Ouest Hongrois ;

3° Le disque Weyrich, appliqué sur l'Ouest et le Nord-Ouest Hongrois, sur le chemin de la Theiss, sur ceux de l'Istrie et sur la ligne de Raab à Oldenbourg et à Ebenfurth ;

4° Le disque Kriczik, en usage sur la ligne de Pilsen à Priesen et à Komotau, et sur celle du Prince Rodolphe.

5° Le disque Langié, employé notamment sur l'Ouest de Bohême, sur les chemins Roumains et sur le chemin de fer de l'Etat autrichien qui en a posé, à lui seul, plus de deux cents ;

6° Le sémaphore Hohenegger, employé sur les lignes du Nord-Ouest depuis 1875.

Ces appareils ont été décrits par M. Cossmann dans la *Revue des chemins de fer* (n° de décembre 1879). Nous nous bornerons à ajouter à cette nomenclature le signal

électrique à distance de M. Hattemer, inspecteur du service télégraphique de la ligne de Berlin à Gœrlitz, qui présente certaines particularités intéressantes.

SIGNAL ÉLECTRIQUE A DISTANCE DE M. HATTEMER

Le signal à distance du système Hattemer est manœuvré à l'aide de courants d'induction.

La transformation du mouvement de rotation continue de l'arbre *a* (Pl. XV, *fig.* 18 à 21) auquel se transmet l'action du poids moteur en un mouvement alternatif de l'arbre j_0 qui commande la tringle de manœuvre du sémaphore, s'obtient à l'aide d'une manivelle M munie, à son extrémité, d'un bouton *b* qui s'engage dans une rainure ménagée dans le le levier coudé *j*.

Quand le disque est à l'arrêt, la manivelle a la position indiquée sur la figure 18.

Si l'appareil est mis en mouvement l'axe *a* peut tourner de 120° (*fig.* 19) sans que le bouton *b* entraîne le levier *j*.

Mais aussitôt qu'il a dépassé la position indiquée sur la figure 19, le bouton *b* appuie sur la joue gauche de la rainure et entraîne le levier *j* vers la gauche, jusqu'à ce que l'axe *a* ait effectué les deux tiers d'une rotation complète. Le signal est ainsi amené à voie libre.

Si l'axe *a* achève sa rotation, le signal est ramené à l'arrêt.

Le disque tend d'ailleurs à revenir de lui-même à la position d'arrêt sous l'action d'un contrepoids.

La figure 21 indique le mode de liaison établi entre l'axe j_0 et la tringle Y de manœuvre du sémaphore.

L'appareil Hattemer présente une disposition spéciale qui détermine automatiquement la mise à l'arrêt du signal, quand le poids est arrivé à la fin de sa course. A cet effet, l'une des dernières mailles de la chaîne sollicitée par le

poids moteur porte une petite tige qui vient appuyer sur un levier à contrepoids et déclenche ainsi un taquet d'arrêt qui arrête l'appareil de manœuvre dans une position correspondant à la fermeture du signal.

La disposition générale des organes servant à l'enclenchement et au déclenchement est celle des cloches Siemens. Il y a cependant des différences. Chaque déclenchement est produit, en effet, non plus par une seule émission de courants, mais par deux émissions successives de courants de sens contraire. En outre, si pour amener le disque de voie libre à voie fermée il suffit d'un seul déclenchement suivi d'un réenclenchement, la mise à voie libre ne s'obtient que par trois déclenchements et trois réenclenchements successifs.

Les trois séries de courants nécessaires à cette dernière manœuvre doivent être suffisamment espacés pour ne pas confondre leurs effets, tandis que les courants de sens contraire qui forment chaque série peuvent se succéder très rapidement.

L'appareil comprend une disposition spéciale qui permet de régler automatiquement l'espacement convenable des différentes émissions de courants nécessaires à la manœuvre, et qui empêche ainsi un déclenchement intempestif de l'appareil sous l'action de l'électricité atmosphérique ou d'une secousse accidentelle.

La manœuvre se fait, ainsi que nous l'avons déjà dit, à l'aide de courants d'induction. Il en résulte que, si le fil de communication vient à se rompre, pendant que le signal est à voie libre, le disque ne se mettra pas de lui-même à l'arrêt. L'appareil Hattemer obvie à cet inconvénient en signalant automatiquement toute rupture accidentelle soit du fil de manœuvre, soit du fil de contrôle.

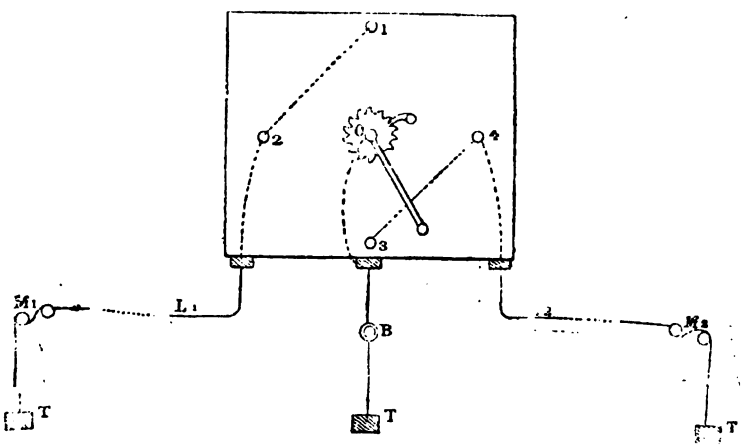
Quant à la disposition même des organes d'enclenchement elle est très compliquée, mais ne présente aucun caractère particulièrement intéressant.

ENCLENCHEMENT ÉLECTRIQUE DES SIGNAUX D'UNE BIFURCATION SIMPLE.

Les aiguilles d'un embranchement sont généralement protégées contre les trains venant de l'une des deux branches de la bifurcation par deux signaux à distance qu'il importe de relier entre eux de manière qu'ils ne puissent jamais être mis à voie libre simultanément.

La manœuvre électrique des signaux à distance permet de réaliser très économiquement et très facilement ce programme, sans l'intervention d'aucun enclenchement mécanique, et à l'aide de simples contacts électriques convenablement disposés.

Voici par exemple la disposition adoptée il y a quelques années, au point de bifurcation des lignes de Buschtehrad



et de Pilsen-Priesen-Komotau, et applicable au cas où les signaux à distance sont manœuvrés par l'interruption d'un courant continu.

Sur une table sont disposés quatre contacts, 1, 2, 3, 4,

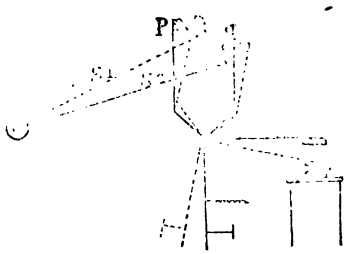
sur lesquels peut se placer une manivelle mobile autour de l'axe *o* et assujettie à tourner toujours dans le même sens.

Les contacts 1 et 2 communiquent par le fil L_1 avec l'électro-aimant M_1 de l'un des signaux à distance.

Les contacts 3 et 4 communiquent par le fil L_2 avec l'électro-aimant M_2 de l'autre signal.

La manivelle communique avec la batterie locale B.

Lorsque la manivelle repose sur le contact 1, les deux signaux sont tournés à l'arrêt. Un courant circule dans le fil L_1 ; aucun courant ne circule dans le fil L_2. Les deux



mécanismes sont d'ailleurs embrayés, celui du signal M_1 dans la position S_1 de la figure ci-contre ; celui du signal M_2 dans la position S_2.

Supposons que la manivelle soit amenée de 1 en 2. Rien n'est changé dans le fil L_2. Mais dans le fil L_1 le courant est d'abord interrompu (ce qui déclenche le signal et l'amène à voie libre), puis rétabli (ce qui amène le réenclenchement du levier d'embrayage).

Si la manivelle est amenée du contact 2 sur le contact 3, le courant qui circulait dans L_1 est interrompu et le signal n° 1 se remet à l'arrêt. Un courant s'établit dans le fil L_2, mais sans produire d'autre effet que de faire passer le prisme du levier de la palette *q* à la palette *p*. Les deux disques sont donc à voie fermée.

Enfin, si la manivelle est mise en communication avec 4,

c'est le disque n° 2 qui se met à voie libre, tandis que l'autre reste à l'arrêt.

On voit avec quelle simplicité a été résolu le problème de l'enclenchement électrique de deux signaux à distance et l'on conçoit d'après cela qu'il soit facile d'établir par une simple combinaison de contacts une liaison quelconque entre un plus grand nombre de ces appareils.

Si donc les aiguilles pouvaient être manœuvrées comme les signaux qui les protègent par des moyens électro-mécaniques, il serait possible de remplacer les cabines d'enclenchement avec leurs leviers multiples et encombrants par une simple table munie de contacts électriques convenablement disposés. Une note a, du reste, été publiée à ce sujet, par M. Brame dans la *Revue générale des chemins de fer*.

CHAPITRE V.

APPAREILS DIVERS.

Appareil d'intercommunication de M. Kohn. — L'appareil d'intercommunication de M. Kohn qui fonctionne sur certains trains de la Südbahn et qui figurait à l'exposition d'électricité de Vienne est représenté sur la planche XV, *fig.* 22 à 26.

Communication télégraphique. — La communication télégraphique entre les wagons se fait par un fil de cuivre isolé de $1^{mm},5$ de diamètre, suivant les indications du diagramme de la *fig.* 27.

Attelage. — Le fil de cuivre *c* (*fig.* 23) est soudé avec la plaque de contact *b*. Avant de visser la plaque *b* sur l'écrou *e*, on a soin de remplir le vide *f* de plâtre gâché, qui, une fois durci, assure la liaison complète entre le fil et le contact *b*.

L'attelage se fait en glissant la plaque *b* dans une rainure ménagée dans la plaque *a* qui termine le fil du wagon voisin. Un ressort *d* maintient les deux plaques en contact.

L'appareil Kohn n'indique pas d'ailleurs les ruptures accidentelles des attelages.

Bouton d'appel. — Le bouton d'appel (*fig.* 24, 25 et 26) se compose d'une petite boîte qui contient deux ressorts *n* et *o*, isolés l'un de l'autre à l'état normal. A la surface intérieure de la porte *t* qui ferme la boîte sont fixées des lamelles en caoutchouc et un doigt à ressort *g*. Un papier portant une inscription rédigée en trois langues est appliqué sur le cadre de la boîte et maintenu par les petites pointes S et par la porte *t*.

Pour faire manœuvrer l'appareil, il faut crever le papier. La pression exercée sur la plaque fait ployer le ressort *n* qui entre en contact avec le ressort *o* et se trouve maintenu dans cette position par le taquet *i* qui l'empêche de revenir à sa position première. Le circuit est ainsi établi et la sonnerie se fait entendre.

Pour remettre l'appareil en état de fonctionner de nouveau, il faut écarter avec le doigt le ressort *o* vers la gauche (*fig.* 24) ; le taquet *g* (fig. 26) se trouve ainsi dégagé et l'on peut alors ouvrir le couvercle de la boîte et remettre en place une nouvelle bande de papier.

Lorsqu'on ferme le couvercle, le circuit est d'ailleurs interrompu automatiquement par le doigt *g* qui écarte les deux ressorts l'un de l'autre.

Source d'électricité. — La source d'électricité se compose de six éléments Leclanché, dont trois sont toujours laissés en réserve. La sonnerie d'alarme est disposée de manière à ne pas tinter sous l'action des trépidations du train.

CHRONOGRAPHE DE LŒHR.

La Compagnie du Nord Empereur Ferdinand a installé sur la section de Florisdorf à Vienne un appareil permettant d'enregistrer automatiquement l'heure du passage des trains en des points déterminés de la voie, ainsi que la marche de ces trains.

Cet appareil, qui est dû à l'un de ses Ingénieurs A. von Lœhr, repose sur l'emploi de pédales. (*Voir* Pl. XV, *fig.* 28 à 33).

La pédale de Lœhr (*fig.* 28, 30 et 33), se compose d'une barre métallique *pq* en forme de dos d'âne qui dépasse légèrement la surface supérieure du rail S et qui est reliée invariablement avec l'axe A par l'intermédiaire de deux barres *m* et *n*.

Lorsque la pédale s'abaisse au passage d'une roue, l'axe A tourne d'une certaine quantité, et entraîne dans ce mouvement de rotation :

1° La tige *a* qui, à l'état de repos, est appuyée par le ressort F contre le bouton fixe *s* ;

2° La tige *b*, qui porte un ressort *f* placé en regard d'un deuxième ressort *r*.

Le ressort *f* communique avec la terre ; le ressort *r* est relié par un fil avec l'électro-aimant de l'appareil enregistreur. Il résulte de cette disposition que l'électro-aimant sera traversé par un courant électrique chaque fois qu'une roue passera sur la pédale.

L'appareil enregistreur dont les figures 29, 31 et 32 peuvent donner une idée, se compose essentiellement :

D'un mécanisme d'horlogerie qui déroule uniformément une bande de papier de $0^m,07$ de largeur environ (*fig.* 31) sur laquelle les heures et les minutes sont indiquées à l'avance ;

D'un nombre d'électro-aimants égal au nombre des pédales disposées sur la voie ;

De stylets qui marquent un point sur le papier, chaque fois qu'un courant traverse l'électro-aimant correspondant;

D'une batterie de piles dont l'un des pôles communique avec la terre et l'autre avec chacun des électro-aimants.

Lorsqu'un train passe sur l'une des pédales de contrôle, le stylet correspondant à cette pédale marque sur le papier une série de points qui se confondent en un trait continu si la vitesse de marche du train est assez grande. De la longueur du trait on déduit la vitesse du train à l'aide d'un transparent gradué.

L'intervalle compris entre les traits marqués sur le papier par le stylet correspondant à deux pédales consécutives donne la vitesse moyenne entre les deux pédales.

A la station de Weiss-Kirchen où l'appareil Lœhr fonctionne très régulièrement depuis plus de quatre ans, on a relié, avec l'appareil enregistreur les fils servant à contrôler électriquement la manœuvre des signaux à distance de la station. La position de ces signaux s'enregistre alors automatiquement sur la même bande de papier.

Paris, le 21 mars 1884.

NOTE

SUR

LA CARTE GÉOLOGIQUE DÉTAILLÉE DE LA FRANCE.

Par M. E. JACQUOT, inspecteur général des mines, directeur du service.

Exposé. — Les comptes rendus annuels présentés au Ministre des travaux publics par le directeur du service de la carte géologique détaillée ont été constamment accompagnés d'un tableau emprunté au dépôt de la guerre et donnant, sous une forme aussi sommaire qu'expressive, l'état d'avancement du travail. Sur le vœu émis en 1885 par la commission spéciale de la carte et appuyé par le directeur, le Ministre a décidé que ce tableau serait inséré aux *Annales des mines.* La présente note est destinée à servir de commentaire à ce document, et son principal objet est d'exposer la situation actuelle de l'œuvre. Mais l'occasion a paru bonne pour faire un retour sur le passé, en donnant quelques renseignements sur les phases que l'œuvre a traversées depuis son institution, sur l'organisation du service qui a prévalu, sur les explorations, enfin sur la consistance de la publication.

Situation actuelle du travail. — La situation du tra-

vail, telle qu'elle est figurée sur le tableau (Pl. XVI), remonte aux premiers mois de l'année 1886. De son inspection il ressort que, sur les 268 feuilles que comprend actuellement la carte du dépôt de la guerre au $\frac{1}{80\,000}$ pour l'ensemble du territoire français (île de Corse comprise), le service géologique en a mis jusqu'ici 195 à l'étude. Ce nombre se répartit de la manière suivante entre les trois catégories, représentées sur le tableau par des teintes dégradées :

1° A la première catégorie appartiennent les feuilles publiées (teinte foncée). Elles sont au nombre de 82 (*).

2° La seconde catégorie comprend les feuilles sur lesquelles les explorations sont terminées (teinte moyenne). On en compte vingt-huit; ce sont: Mézières, Verdun, Caen, Quimper, Châteaulin, Belle-Ile, Clamecy, Châtellerault, Saint-Pierre, Bourg, Nantua, Clermont, Montbrison, Saint-Jean-de-Maurienne, Bonneval, Briançon, Aiguilles, Largentière, Contis-les-Bains, Sore, Grignols, Vieux-Boucau, Mont-de-Marsan, Orange, Avignon, La Couronne, Aix et Tour-de-Camarat (**).

3° Enfin la troisième série, représentée par la teinte claire, renferme toutes les feuilles mises à l'étude par le service géologique. On en trouve 85. Si on exprime d'une façon approximative au moyen d'une fraction l'état d'avancement de chacune de ces feuilles et qu'on totalise les résultats ainsi obtenus, on reconnaît qu'ils équivalent à 33 unités.

Au point de vue des explorations on peut donc admettre que l'état d'avancement de la carte détaillée

---

(*) Depuis le tirage du tableau, on a publié deux nouvelles feuilles : Châteaulin et la Tour de Chassiron.

(**) Pour avoir l'état exact des feuilles terminées, il faudrait distraire de cette liste la feuille de Châteaulin actuellement publiée. D'un autre côté il conviendrait d'y ajouter les feuilles de Tours et de Toulon en cours de publication, au total 29.

est actuellement représentée par 143 feuilles (82 + 28 + 33 = 143).

Le tableau ne montre pas uniquement l'état d'avancement des études; il met également en évidence leur répartition dans chacune des grandes régions naturelles entre lesquelles la France peut être divisée. Il n'est pas hors de propos de l'envisager à ce point de vue.

Comme on peut le remarquer, les feuilles publiées sont très nombreuses dans la région comprise entre la frontière de Belgique et la lisière septentrionale du plateau central. Il y a là un groupe compact qui embrasse le bassin de Paris avec sa ceinture crétacée et jurassique ainsi que quelques contrées voisines, telles que l'Ardenne, partie de la Bourgogne, l'Orléanais, le Berri, la Touraine et le Haut-Maine. On y compte actuellement 53 feuilles parues; il y en a six en état d'être publiées, quelques autres très avancées sous le rapport des explorations, de telle sorte qu'un délai de deux à trois ans semble suffire pour que le groupe soit complété.

Les Vosges, dont l'étude n'avait pas encore été abordée par le service ont été, dans ces derniers temps, l'objet d'une reconnaissance d'ensemble, qui a porté principalement sur la partie méridionale de la chaîne. A la suite de ce travail préliminaire deux feuilles, celles d'Épinal et de Lure, y ont été mises à l'étude.

Dans le massif du Jura le service géologique est beaucoup plus avancé. Il y a publié quatre feuilles : Gray, Besançon, Lons-le-Saulnier et Ferrette. Il y ajoutera prochainement la feuille de Nantua, qui est achevée, ainsi que celles de Montbéliard et Pontarlier qui sont très avancées.

Les Alpes du Dauphiné et de la Savoie ont été, de la part du professeur de géologie à la Faculté de Grenoble, l'objet d'études persévérantes et consciencieuses dont l'origine remonte à une trentaine d'années. Le concours de M. Lory a permis au service de publier les deux

feuilles de Grenoble et de Vizille. Quatre autres feuilles appartenant à la région sont complètement explorées, ce sont celles de Saint-Jean-de-Maurienne, Bonneval, Briançon et Aiguilles; celle d'Albertville est très avancée.

L'exploration du bassin du Rhône, poursuivie de concert par deux des collaborateurs les plus dévoués au service, est également bien près d'aboutir. Trois feuilles, celles d'Orange, d'Avignon et de La Couronne sont en cours de publication; celle d'Arles le sera prochainement. Enfin la feuille de Lyon a été mise récemment à l'étude dans des conditions propres à donner un résultat à court délai.

Comme le montre le tableau, les explorations ont été également très actives en Provence et dans le comté de Nice. On y trouve trois feuilles publiées : celles d'Antibes, de Saorge et de Pont-Saint-Louis; trois autres en cours de publication : Aix, Toulon et la Tour-de-Camarat, deux enfin qui sont très avancées : Marseille et Draguignan.

En entamant le plateau central par sa lisière orientale, le service géologique a abordé résolument les difficultés inhérentes à l'étude des contrées de roches cristallines et volcaniques. Il y a obtenu des résultats importants qu'il faut attribuer en grande partie à l'emploi des procédés micrographiques. C'est certainement dans les montagnes du centre que le relevé du sol exécuté pour la carte détaillée présente le plus de progrès sur les travaux similaires antérieurs. A cette région appartiennent cinq feuilles publiées, savoir : Avallon, Château-Chinon, Autun, Châlon-sur-Saône et Mâcon. Il faut également y comprendre celles de Brioude, Aurillac et Saint-Flour, sur lesquelles s'étend le massif volcanique du Cantal. Les explorations sont terminées sur quatre feuilles appartenant à la région, savoir : Bourg, Clermont, Montbrison et Largentière.

Dans les contrées montagneuses du sud-ouest, il n'y a

encore que des études d'ensemble. On ne saurait toutefois omettre celles qui se poursuivent, d'une part dans les Pyrénées, de l'autre dans la Montagne-Noire pour la reconnaissance de la constitution géologique du sol de ces régions restée jusqu'ici passablement obscure. En se reportant au tableau, on peut remarquer que les explorations embrassent ces deux chaînes dans toute leur étendue. On y a déjà obtenu quelques résultats qui présentent de l'intérêt.

A l'inverse de la montagne, la constitution géologique de la plaine étendue sur le revers septentrional des Pyrénées est aujourd'hui bien connue et elle ne comporte plus que des études de détail. Le tableau montre que ces études sont terminées sur onze feuilles, dont six ont été publiées. Quatre autres paraîtront très prochainement. Enfin, les feuilles de Lesparre et d'Orthez sont très avancées.

En s'avançant vers le nord, à l'ouest du plateau central, on trouve trois groupes de feuilles à l'étude. Sur le tableau, le premier ne comprend que la feuille de Brives, à laquelle on a adjoint, dans ces derniers temps, celles de Gourdon et de Cahors. Le second, situé le long du littoral, est composé de trois feuilles : la Tour-de-Chassiron, La Rochelle et les Sables-d'Olonne. Le troisième, placé sur les confins du Berri et du Poitou, contient quatre feuilles : Châtellerault, Châteauroux, Poitiers et Aigurande. Dans chacun de ces groupes une feuille a été publiée et on en ajoutera bientôt une seconde en faisant paraître, d'une part, La Rochelle, de l'autre, Châtellerault. La remise de la feuille de Châteauroux est également annoncée comme étant très prochaine. La mise à l'étude des feuilles de Loches et de Valençay, projetée pour 1886, reliera le groupes du Berri et du Poitou à celui qui occupe une si grande place dans le nord.

L'exploration de la Bretagne, qui a été confiée à un des collaborateurs les plus actifs et les plus zélés, marche

avec une telle rapidité que l'on entrevoit déjà son achèvement, malgré l'étendue de la tâche et les difficultés nombreuses qu'elle présente. Elle a débuté par une étude d'ensemble qui a permis de fixer la constitution géologique de la région entière. On y compte quatre feuilles publiées: Granville, Châteaulin, Pont-l'Abbé et Lorient. Celle de Quimper est terminée. Morlaix et Pontivy, sur lesquelles portent maintenant les études de détail, sont très avancées.

On ne saurait quitter la Bretagne sans signaler les études qui se poursuivent sur deux régions naturelles voisines ayant avec cette province beaucoup d'analogie de composition : l'Anjou et le Maine. Le tableau montre que les explorations sont commencées sur les feuilles de Château-Gontier et d'Ancenis, ainsi que sur celles de Laval et de Mayenne.

En remontant vers le nord-ouest, on trouve le Cotentin qui ferme dans cette direction le circuit que nous venons de parcourir. Le service géologique a également déployé beaucoup d'activité dans cette région ; il y a publié deux feuilles : celles de Coutances et d'Avranches, et il a mis à l'étude celle de Saint-Lô.

Telle est, envisagée dans ses détails, la situation actuelle des explorations qui ont pour objet l'exécution de la carte géologique détaillée de la France. Si, à l'aide du tableau, on cherche à en saisir l'ensemble, on reconnait qu'à part quelques exceptions les études se poursuivent simultanément dans toutes les grandes régions naturelles entre lesquelles le territoire peut être divisé. C'est là ce qui caractérise essentiellement le plan qui a présidé à l'exécution du travail. Au lieu de l'effectuer par tranches horizontales successives, comme on en avait reçu le conseil, on a jugé à propos de lancer des amorces dans toutes les directions, de façon à embrasser la plus grande étendue de territoire possible. Cette manière de procéder, recommandée dans une certaine mesure par l'obligation

où l'on se trouvait d'utiliser sur place le concours des collaborateurs de province, a produit les meilleurs effets. Elle a permis d'établir à distance des rapprochements pleins d'intérêt sur la composition du sol dans les régions similaires. Mais le résultat le plus saillant que l'on en a tiré a été de fixer la constitution géologique de quelques parties du territoire où elle était restée jusqu'ici fort obscure, et de préparer ainsi les éléments d'une carte géologique de la France à une échelle réduite, pouvant servir de minute à celle de l'Europe en cours de préparation.

Historique. — L'exécution aux frais de l'État de la carte géologique détaillée de la France a été prescrite par décret du 1er octobre 1868. Un arrêté ministériel du 15 du même mois a organisé le service spécial chargé d'entreprendre ce grand travail et il l'a placé sous la haute direction de M. Élie de Beaumont, sénateur, membre de l'Institut, professeur de géologie à l'École des mines.

Comme l'explique le rapport du 30 septembre contenant l'exposé des motifs à l'appui du décret, c'est l'exposition internationale de 1867 qui en a été le point de départ. Elle avait mis en évidence les résultats acquis en Angleterre, en Autriche, ainsi que dans quelques autres pays. Ces résultats n'étaient pas à notre avantage. Voici quelle était, en effet, notre situation à cette époque.

L'administration des travaux publics avait, il est vrai, donné l'impulsion pour les cartes géologiques générales, en publiant, dès 1840, celle au 1/500.000 en six feuilles dont l'exécution, commencée en 1822, avait été confiée à M. Brochant de Villiers, secondé par MM. Dufrénoy et Élie de Beaumont. Elle avait complété cette publication en faisant paraître, entre 1841 et 1848, deux volumes de texte explicatif (*). L'administration n'avait pas davantage

(*) Il faut encore signaler, mais seulement pour mémoire, le troisième volume publié en 1873.

méconnu l'intérêt des cartes géologiques détaillées; mais par suite d'une appréciation erronée des moyens les plus propres à conduire au but, elle se trouvait un peu arriérée en 1868. Dès 1835, c'est-à-dire au moment où les explorations d'ensemble afférentes à la carte générale touchaient à leur fin et où on pouvait déjà en escompter les résultats, elle avait donné des instructions aux préfets et aux ingénieurs des mines pour l'exécution des cartes détaillées. Les conseils généraux des départements étaient invités à voter des fonds dans ce but. Ces mesures ont eu pour effet de faire des cartes détaillées, des œuvres essentiellement régionales et n'ayant entre elles aucun lien, puisqu'elles étaient exécutées par des observateurs conservant une entière liberté d'action. C'est ce que constate le rapport du 30 septembre 1868. A cette époque, il y avait quarante-quatre cartes départementales publiées; mais entreprises à des époques différentes, suivant des méthodes diverses et à des échelles inégales, elles présentaient des disparates trop accusés pour répondre au but que l'on avait en vue. De là la nécessité de reprendre le travail sur de nouvelles bases, afin d'introduire dans les résultats acquis l'harmonie et l'homogénéité que pouvait seule procurer une direction unique et élevée. Telle est donc l'origine de l'institution, en 1868, d'un service spécial pour l'exécution de la carte géologique détaillée de la France. Il a sa raison d'être dans la reconnaissance un peu tardive de la fausse manœuvre exécutée en 1835 et des résultats insuffisants auxquels elle a donné lieu.

En proposant de substituer un état de choses nouveau à l'ancien, le rapport du 30 septembre avait évidemment à tracer un programme. Il en a posé de la manière suivante les bases essentielles. Les relevés géologiques du sol devaient être effectués et reportés sur la carte du dépôt de la guerre au 1/80.000. Le personnel affecté à l'exé-

cution de la carte comprenait, indépendamment du directeur, un sous-directeur et cinq ingénieurs. On prévoyait qu'un terme de dix années suffirait à l'achèvement des études sur les 286 feuilles de la carte entre lesquelles le territoire français était alors divisé. Le tirage de chaque feuille devait avoir lieu à 200 exemplaires. Enfin, la dépense était évaluée à un million de francs.

A la suite du décès de M. Élie de Beaumont, survenu en septembre 1874, le service de la carte géologique détaillée a été l'objet d'une réorganisation. L'administration des travaux publics n'y a procédé qu'avec mesure et après avoir pris notamment l'avis d'une commission instituée à cet effet et composée de trois inspecteurs généraux des mines et d'un ingénieur ordinaire, secrétaire. Le résultat principal de l'enquête à laquelle cette commission s'est livrée a été de constater la disproportion manifeste qui existait entre le plan suivi pour l'exécution de l'œuvre et les moyens dont le service disposait pour la mener à bonne fin. Il lui a paru que le remède à une pareille situation consistait dans le concours de collaborateurs auxiliaires pris en général en province, soit dans le corps des mines, soit au dehors, notamment parmi les membres de l'Université.

D'un autre côté, l'attention de l'administration des travaux publics s'est trouvée appelée sur la nécessité d'imprimer à la carte géologique une direction telle qu'elle restât une œuvre, pour ainsi dire, impersonnelle, indépendante de tout système et pouvant être accueillie sans discussion et sans réserve par la généralité du public spécial auquel elle était destinée.

L'arrêté ministériel du 21 janvier 1875, qui a reconstitué le service géologique, a résolu ces difficultés de la manière la plus heureuse en plaçant à côté du directeur, seul responsable envers le ministre, une commission ap-

pelée à donner son avis sur les questions se rattachant à l'exécution de la carte.

Dans les onze dernières années, tous les efforts de la direction nouvelle ont eu pour objet de mettre en pratique les vues qui avaient présidé à la réorganisation du service. Par suite de l'insuffisance des crédits alloués en 1875, la réforme, aussi large que libérale, introduite dans le recrutement du personnel, n'a pu devenir effective qu'à partir de l'année suivante. Dès le début, le service géologique, réduit auparavant à cinq membres actifs, s'est accru de treize collaborateurs, pris en général parmi les ingénieurs des mines et les professeurs ou maîtres de conférences des facultés. Il compte actuellement cinquante-cinq membres actifs.

Parmi les autres réformes dont l'exécution de la carte géologique détaillée a été l'objet, il est impossible d'omettre, à raison de son importance, celle qui a été apportée au mode de publication. Conformément à l'avis de la commission consultative, le tirage des feuilles de la carte a été porté de 200 à 500 exemplaires et l'impression en couleurs a été substituée au coloriage à la main. Cette modification dans le procédé d'exécution a permis de réduire de moitié les prix de vente. On a pu les abaisser assez pour qu'ils ne dépassent guère ceux des exemplaires gravés de la carte de l'État-major et que. dans certains cas, ils se tiennent au-dessous de ces derniers.

Les quatre-vingt-quatre feuilles de la carte géologique détaillée, publiées jusqu'ici, se trouvent réparties entre vingt-huit livraisons, qui ont paru aux époques ci-après désignées :

1874. 1re livraison contenant 12 feuilles : Rouen, Beauvais, Soissons, Evreux, Paris, Meaux, Chartres, Melun, Provins, Châteaudun, Fontainebleau, Sens.

1875. 2e livraison composée de 4 feuilles : Arras, Neufchâtel, Montdidier, Laon.

1876. 3e et 4e livraisons comprenant 6 feuilles : Saint-Omer, Lille, Montreuil ; — Boulogne, Amiens, Cambrai.

1877. 5e et 6e livraisons avec 6 feuilles : Douai, Saint-Valéry ; — Dunkerque, Abbeville, Orléans, Gien.

1878. 7e livraison composée de 3 feuilles : Calais, le Havre, Yvetot.

1879. 8e livraison avec 3 feuilles également : Maubeuge, Nancy et Bourges.

1880. 9e et 10e livraisons contenant 6 feuilles : Nogent-le-Rotrou, le Mans ; — Châlons-sur-Marne, Arcis, Gray, Châlon-sur-Saône.

1881. 11e, 12e et 13e livraisons formant 7 feuilles : Rethel, Reims ; — Saorge, Pont-Saint-Louis, Antibes ; — Lisieux et Autun.

1882. 14e, 15e, 16e et 17e livraisons comprenant 10 feuilles : Troyes, Besançon ; — Lectoure, Auch ; — Givet, Bernay, Mortagne ; — Avranches, Bordeaux, la Teste-de-Buch.

1883. 18e et 19e livraisons composées de 6 feuilles : Château-Chinon, Brioude, Saint-Flour ; — Bar-le-Duc, Vassy Mirecourt.

1884. 20e, 21e et 22e livraisons comprenant 6 feuilles : Rocroy, Blois ; — Coutances, Auxerre ; — Montréal, Castelnau.

1885. 23e, 24e et 25e livraisons avec 7 feuilles : Langres, Lons-le-Saulnier ; — Ferrette, Mâcon, Grenoble, Vizille ; — Aurillac (*).

1886. 26e, 27 et 28e livraisons, avec 8 feuilles : Granville, Pont-l'Abbé, Lorient ; — Avallon, Issoudun, Poitiers ; — Châteaulin et Tour-de-Chassiron.
(Six premiers mois.)

Explorations. — Les explorations s'effectuent, en général, sur les feuilles mêmes de la carte au 1/80.000. Cela paraît suffisant pour les pays de plaines. Mais pour les contrées montagneuses, pour les régions de roches cristallines, pour celles où il existe de nombreuses failles et d'une manière générale, pour toutes les portions du territoire où il serait difficile de figurer le relevé géologique à raison de la multiplicité des détails, on a jugé à propos de mettre entre les mains des observateurs des feuilles

(*) On a en outre fait, après revision, une nouvelle édition de la feuille de Boulogne qui était épuisée.

ou parties de feuilles à une échelle double, c'est-à-dire au 1/40.000, sauf à revenir pour la publication à l'échelle normale. Plusieurs moyens se présentaient pour obtenir ce résultat. Le plus simple et le plus économique consistait à demander au dépôt de la guerre des photographies de ses levés de terrains qui sont précisément au 1/40.000 avec courbes de niveau. On en a usé pendant quelque temps, mais on a fini par reconnaître qu'il présentait un inconvénient grave, provenant de ce que les bois teintés en vert sur les minutes du dépôt donnaient lieu à des taches noires sur les épreuves photographiques. On a donc dû renoncer à ce procédé, et on lui a substitué l'amplification photographique des feuilles gravées de la carte au 1/80.000. Le procédé est recommandable, à raison surtout de la netteté des épreuves. Il n'a qu'un inconvénient, c'est d'être assez coûteux.

Consistance de la publication. — La consistance de la publication, telle qu'elle a été conçue lors de l'organisation du service, se trouve définie dans une note insérée dans le tome IV du recueil des *Annales des mines* (7e série, année 1879). La légende technique générale de la carte géologique détaillée a été reproduite dans le même volume, page 373. Enfin, le tome V du même recueil contient, sous la signature de M. Béguyer de Chancourtois, une notice intitulée : *Système et mode d'application de la légende géologique générale de la carte géologique détaillée de la France.*

En réduisant ces notes à ce qu'elles ont d'essentiel, on reconnaît que chaque feuille de la carte devait être accompagnée d'une notice explicative sommaire, contenant autant de paragraphes distincts qu'il y avait d'étages figurés sur la feuille et donnant, en outre, quelques indications sur l'hydrographie et l'agronomie de la contrée.

Les exploitations de matières minérales de quelque im-

portance, ainsi que les ateliers où ces matières étaient traitées, devaient être marquées sur la carte au moyen des signes de la légende technique.

Le programme relatif à la publication comprenait, en outre, un certain nombre de documents annexes, parmi lesquels il convient de citer :

1° Des coupes et des projections longitudinales construites à des échelles diverses, depuis le 1/80.000 jusqu'au 1/1.000;

2° Des sections verticales donnant à des échelles variables entre 1/1.000 et 1/100 le détail de la succession des couches observées dans les coupes naturelles ou artificielles et principalement dans les sondages;

3° Des perspectives photographiques d'exploitations, etc.

Dans la pensée des organisateurs de l'œuvre, cette série de documents constituait sa partie essentielle. Toutefois, au fur et à mesure de l'avancement du travail, on devait publier une carte géologique de la France réduite au 1/320.000, en empruntant au dépôt de la guerre les feuilles à cette échelle dont chacune en embrasse seize de la carte au 1/80.000. On avait même prévu que, le travail une fois terminé, il conviendrait de substituer à la carte géologique au 1/500.000 une carte au 1/1.000.000 contenant le résumé des observations faites pour la carte détaillée. Il restait entendu que ces réductions successives d'échelles devaient en entraîner d'autres correspondant dans les subdivisions adoptées pour les terrains.

Dans son ensemble le programme relatif à la publication de la carte géologique détaillée a été maintenu. Avec l'assentiment de la Commission spéciale il a reçu toutefois quelques modifications ou rectifications qui ont porté principalement sur le système des notations adoptées. Nous croyons devoir signaler les plus importantes de ces modifications :

1° On a supprimé complètement le tableau lithologique destiné à définir la composition des roches au moyen de signes plus ou moins compliqués. Sur les feuilles actuellement publiées par le service géologique, les formations et leurs subdivisions ne sont plus indiquées que par de simples lettres ayant pour objet de suppléer à l'altération des couleurs, comme cela a lieu, d'ailleurs, sur la généralité des cartes géologiques publiées tant en France qu'à l'étranger;

2° On a également jugé à propos de faire disparaître les divers cercles du réseau pentagonal. Pour justifier cette suppression, il nous a suffi de constater que ces cercles ne ressortaient pas comme une conséquence nécessaire de l'observation;

3° Enfin, on a opéré de larges réductions parmi les 1.114 signes de la légende technique. On s'est conformé, à cet égard, à ce qui se pratique à l'étranger, en ne conservant que les signes génériques, au nombre d'une centaine, bien suffisants pour caractériser tous les gîtes de substances minérales utiles et les ateliers dans lesquels on les élabore.

Le texte explicatif ne tenait qu'une place assez secondaire dans le programme d'exécution de la carte géologique détaillée. Il y était dit seulement qu'en dehors des notices explicatives sommaires qui s'adaptent aux marges des feuilles de la carte au 1/80.000 et qui constituent un premier cahier d'explications, il en serait publié d'autres où prendraient place, avec un répertoire par cantons et par communes, les détails scientifiques et techniques qui dépasseraient le cadre de la notice.

Nous avons toujours considéré le texte explicatif comme faisant partie intégrante essentielle de toute carte géologique. Une pareille carte ne peut, en effet, se suffire à elle-même et, faute d'être commentée dans un texte explicatif, elle reste à l'état d'énigme indéchiffrable pour

la généralité du public qu'elle intéresse. C'est un fait qu'en France les résultats des études géologiques ne sont pas appréciés à leur juste valeur. A notre sens il ne faut pas chercher la cause de ce discrédit ailleurs que dans la déception qui a suivi de près la publication des cartes sans texte. Aussi n'avons-nous cessé d'appeler l'attention des collaborateurs du service sur la nécessité de compléter les feuilles de la carte géologique détaillée en y joignant des mémoires descriptifs contenant tous les développements qui peuvent intéresser l'industrie et l'agriculture. A cette condition seule elles rendront tous les services que l'on est en droit d'en attendre.

Nous avons eu à examiner la forme qu'il convenait de donner au texte de cette carte. On ne pouvait bien évidemment procéder comme on l'a fait pour la carte générale, dont le texte, rédigé après son achèvement, a pu être disposé de la manière la plus rationnelle, l'ordre adopté dans la description des terrains n'étant autre que celui de leur superposition ou de leur succession. La publication des feuilles de la carte détaillée par fascicules, au fur et à mesure de leur préparation, s'opposait à ce que l'on adoptât une pareille marche. Il nous a paru que le mode de publication le mieux approprié au but à atteindre consistait à réunir les feuilles contiguës de la carte détaillée par groupes subordonnés aux grandes régions naturelles entre lesquelles le territoire de la France est divisé, et à en faire l'objet de mémoires distincts. Les régions correspondent, en effet, à autant de compartiments fondés sur des analogies dans la composition du sol. Sous le rapport géologique, elles représentent autant d'unités propres à donner lieu à un pareil nombre de coupures ou de chapitres dans le texte explicatif de la carte détaillée. C'est dans ce sens que la question a été résolue avec l'assentiment de la Commission spéciale.

La description géologique de l'Ardenne, entreprise par M. le professeur Gosselet en conformité de ce plan, est en cours de publication.

Le service géologique n'a pu encore donner suite à la préparation des cartes au 1/320.000, qui font partie du programme d'exécution de la carte détaillée. On trouve, il est vrai, dans la région du Nord, les éléments de deux pareilles cartes. Mais le service a été arrêté jusqu'ici dans cette voie par la nécessité de modifier, au préalable, sur les premières feuilles au 1/80.000 publiées, certaines attributions qui ne paraissent pas fondées, notamment celle qui a pour notation la lettre M.

D'un autre côté, une décision ministérielle du 8 mai 1884 a approuvé le projet que nous avons présenté pour la substitution au tableau d'assemblage de la carte générale d'une carte géologique au 1/1.000.000 destinée à servir en même temps de minute à celle de l'Europe, votée par le Congrès de Bologne. En vue de lui maintenir son caractère géologique et d'y introduire toutes les indications qui peuvent intéresser la science, on a fait graver une carte spéciale où, tout en maintenant dans chaque département les noms des villes chefs-lieux pour servir de points de repère, on a fait figurer de préférence les localités comprises dans les catégories suivantes :

1° Centres de grandes exploitations, avec un signe caractéristique pour chaque groupe ;

2° Établissements thermaux de quelque importance ;

3° Gisements les plus remarquables de fossiles et de minéraux ;

4° Localités ayant servi de types pour la formation des étages ou signalées par les discussions auxquelles elles ont donné lieu.

La carte géologique au 1/1.000.000 est en cours de préparation pour paraître en 1887.

RAPPORTS

DE LA

COMMISSION PRUSSIENNE DU GRISOU

Analyse par M. Maxime PELLÉ, ingénieur des mines.

La Commission prussienne du grisou, dont M. Janet a fait connaître l'organisation et le programme dans un précédent volume des *Annales* (*), vient de publier (mars et avril 1886) les troisième et quatrième fascicules des « Pièces annexes » à son rapport général (**). Ils contiennent quatre rapports sur les questions suivantes :

I. Expériences sur les explosions de poussières de houille et de grisou ;
II. Influence des variations de la pression atmosphérique sur le dégagement du grisou ;
III. Étude des variations de la quantité de grisou dégagée par un quartier d'exploitation ;
IV. Étude des lampes de sûreté.

Nous nous proposons d'analyser chacun de ces rapports, en nous abstenant de toute appréciation.

(*) Voir *Annales des mines*, 1885, 2e vol., p. 600.
(**) *Anlagen zum Haupt-Berichte der preussischen Schlagwetter-Commission.* — Berlin. Librairie Ernst et Korn.

I. — EXPÉRIENCES SUR LES EXPLOSIONS DE POUSSIÈRES DE HOUILLE ET DE GRISOU.

Ces expériences ont été faites à la mine fiscale Kœnig, située près de Neunkirchen (bassin de Saarbrück) et dirigées par M. Hilt, ingénieur des mines à Dortmund. Elles ont été commencées au mois de juin 1884; et, à la fin de la même année, M. Hilt a publié dans la *Zeitschrift für das Berg, Hütten, und Salinen-Wesen* un rapport donnant la description de l'installation, et les résultats sommaires des expériences déjà effectuées à cette époque. M. Janet a analysé ce document dans les *Annales* (*).

Les expériences de M. Hilt, interrompues pendant l'hiver 1884-85, ont été continuées pendant l'été 1885; son rapport définitif comprend les résultats fournis par l'ensemble des expériences de Neunkirchen; nous insisterons seulement sur les résultats dont il n'a pas été question dans l'article des *Annales* mentionné plus haut.

1° Effet du débourrage des coups de mine chargés de poudre ordinaire.

1. *Coups de mine débourrants, sans poussières ni grisou dans la galerie.* — Le tableau suivant résume les expériences faites à ce sujet en effectuant le bourrage avec différentes natures de poussières; la charge de poudre employée était de 230 grammes, les effets mécaniques étaient mesurés, comme dans les expériences suivantes par le déplacement imprimé à un wagonnet chargé, pesant 738 kilogrammes, et placé sur une voie inclinée à 4 p. 100 à la sortie de la galerie, soit à 51 mètres des coups de mine.

(*) Voir *Annales des mines, loc. cit.*, p. 604.

TABLEAU I.

NATURE DU BOURRAGE et origine des poussières.	MATIÈRES volatiles pour 100.	LONGUEUR des flammes.	DÉPLACEMENT du wagonnet.
		mètres	mètres
Argile	»	3-4	0
Poussières terreuses	»	2-2,5	0
Poussières terreuses et poussières de Pluto.	»	5	0,10
Poussières de charbon de Louisenthal	33,4	9,5	0,20
— — de Kohlscheid	6	9,5	0,23
— — de Königin-Louise.	32	9,5	0,31
— — de König	30	9,5	0,25-0,32
— — de Pluto	22	9,5	0,40

Ainsi, la flamme d'un coup de mine bourré avec des poussières n'atteint pas 10 mètres; on peut admettre qu'il en est de même pour un coup de mine foré dans le charbon, et non bourré avec des poussières.

2. *Coups de mine débourrants en présence de poussières dans la galerie, mais en l'absence de grisou.* — On a d'abord étudié l'*influence de la position du coup de mine.* On a vu, dans l'article de M. Janet, cité ci-dessus, qu'on avait disposé au fond de la galerie 7 canons en fonte, encastrés dans la maçonnerie, et faisant fonction de trous de mine; ils étaient numérotés de 1 à 7 (Pl. XVII, *fig.* 1); les deux premiers étaient dirigés vers le bas et rencontraient le sol de la galerie à 10 mètres du front de taille; les deux derniers, symétriques des précédents, rencontraient le toit de la galerie à la même distance. Enfin, les numéros 3, 4 et 5, placés à mi-hauteur dans la galerie, rencontraient le sol à 5 mètres du front de taille.

On a obtenu les résultats suivants avec une bourre d'argile; la charge de poudre était de 230 grammes, et la galerie était garnie de poussières sur une longueur de 10^m (*); la poussière employée provenait de la mine Hansa.

(*) Dans toutes ces expériences on employait 15 kilogrammes de poussières pour garnir 10 mètres courants de galerie.

TABLEAU II.

NUMÉROS des trous.	LONGUEUR des flammes.
	mètres
1	4,2
2	8,1
3	2,9
4	4,2
5	2,9
6	18,9
7	17,5
4 (1)	21,6

(1) Charge de 500 grammes de poudre.

Avec la même quantité de poussières dans la galerie, et une bourre de poussières, la longueur des flammes a été plus considérable; la charge de poudre était la même que ci-dessus.

TABLEAU III.

ORIGINE DES POUSSIÈRES.	NATURE DES POUSSIÈRES.	NUMÉROS des trous.	LONGUEUR des flammes.
			mètres
Mine Gerhard (Sarrebrück).	Poussières fines. Charbon riche en gaz.	1	21,56
— —	— —	2	22.86
— —	— —	3	22,86
— —	— —	4	24,10
— —	— —	5	28,80
— —	— —	6	28,80
— —	— —	7	24.10
— —	— —	4 (1)	18,87
Mine Hansa (Westphalie) . .	Charbon gras. Poussières fines.	6	20,14
— —	Poussières moyennement fines.	4 (1)	21,56

(1) Charge de 500 grammes de poudre.

Ces expériences ont donc montré que les coups de mine 6 et 7, forés au pied du front de taille étaient les plus dangereux; aussi, les expériences suivantes ont-elles été faites exclusivement avec les deux canons du bas.

L'*influence de la longueur de la galerie garnie de*

poussières a aussi été l'objet de nombreuses expériences de la part de la Commission prussienne. La charge était de 230 grammes de poudre, et on bourrait avec des poussières de charbon ; voici le tableau des résultats obtenus :

TABLEAU IV.

NOM des MINES.	NATURE des POUSSIÈRES.	LONGUEUR des flammes la galerie étant garnie de poussières sur une longueur de :			DÉPLACEMENT du wagonnet de 738 kilogr. la galerie étant garnie de poussières sur une longueur de :		
		10m	20m	40m	10m	20m	40m
		m.	m.	m.	m.	m.	m.
Aix-la-Chapelle.							
Kohlscheid. . .	Poussières fines de haldes.						
	Charbon anthraciteux. .	9,5-12	9,5	»	0,20	0,23	»
Westphalie.							
Massen.	P. fines et dures, ch. à coke	15	15	22	0,4	0,45	0,50
Bonifacius. . .	P. moyen[t] fines. ch. gras.	17	»	»	?	»	»
—	P. très fines, charbon gras.	17	16	»	?	?	»
Victor.	P. très fines et dures, ch. à coke	22	20,5	22	0,57	0,60	0,50
Louise	Id. Id.	19	»	»	0,34	»	»
Rhein-Elbe. . .	P. fines, ch. à gaz.	»	»	24	»	»	?
Shamrock . . .	P. très fines, ch. à coke. .	19	25,5	33	0,42	0,38	0,50
Joachim	Ch. à coke.	22	27	27	0,46	0,34	0,50
Hannover . . .	P. moyen[t]. fines, ch. à gaz.	15,5	19 (1)	»	»	»	»
—	P. très fines.	22	25,4 (1)	29 (2)	»	»	»
Neu-Iserlohn .	P. très fines, ch. à coke. .	»	38,6	56	»	?	?
Pluto	P. fines, ch. à gaz.	34,6	42,6	54(2)-58	?	?	2,55
Saarbrück.							
Kœnig	P. grossières, ch. à gaz. .	12.25	12.25	10,84(3)	?	»	»
Id.	P. très fines, id.	20,5	36	39,5	0,35	0,36	0,45
Kreuzgrœben..	Id. id.	12,5	12,5	»	0,27	0,25	»
Gerhard.	P. fines et dures, ch. flamb[t]	14,5	15	»	0,14	0,17	»
Itzenplitz. . . .	P. moyennement fines. . .	17	16	»	0,32	0,27	»
Camphausen. .	P. très fines, ch. à gaz. .	22	26	36	0,51	0,45	0,42
Silésie.							
Cons. Rudolf. .	P. moyennem[t]. fines, id. .	14	»	»	0,38	»	»
Kœnigin Louise	P. fines, id.	14	»	»	0,31	»	»
Kœnig	P. très fines, ch. flambant.	20,5	20,5	»	0,49	0,30	»
Johann-Baptist	P. très fines	16,5	16,5	»	0,50	0,30	»
Petrkowitz. . .	P. fines	13	15	»	0,27	0,45	»
Id. . . .	P. très fines.	»	19	»	»	0,30	»
Angleterre.							
Madeley I. . . .	P. fines	20,5	27	41,5	»	»	»
Madeley II. . .	Id.	20,5	»	25,5	»	»	»
Madeley IV. , .	Id.	19	»	27,5	»	»	»
Madeley III. . .	P. très fines	23	»	55	»	»	»

(1) Bourre d'argile.

(2) Poussières sur une longueur de 30 mètres seulement ; deux autres expériences ont donné 44 et 45 mètres.

(3) Poussières sur 30 mètres seulement.

La longueur des flammes augmente donc, en général, avec celle de la partie de galerie garnie de poussières ; pour beaucoup d'espèces de houilles, la flamme se propage aussi loin qu'il existe des poussières ; pour d'autres, telles que celles des mines Hannover, Neu-Iserlohn, Pluto et Madeley III, elle s'étend beaucoup plus loin, et cette inflammation prend alors le caractère d'une véritable explosion.

Nous ne trouvons dans le rapport aucun résultat relatif à l'influence de la finesse des poussières ou de leur composition chimique, qui n'ait déjà été signalé (*).

2. *Coups de mine débourrants en présence de poussières dans la galerie, et de grisou.* — Nous ne reviendrons pas sur les résultats obtenus en présence de grisou, mais sans poussières (**).

En répandant des poussières dans la galerie sur une longueur de 10 mètres, on a fait de nombreuses expériences dont les résultats sont réunis dans le tableau V ci-après ; le grisou, provenant d'un soufflard qu'on avait capté dans la mine Kœnig, était amené en quantité convenable dans un compartiment de 20 mètres cubes, formé au fond de la galerie par une toile fixée à un châssis. La charge de poudre était de 230 grammes ; le bourrage était fait avec des poussières de houille. Le wagonnet, dans ces expériences, ne pesait que 293 kilogrammes.

(*) Voir *Annales des mines, loc. cit.*, p. 610 et 614.
(**) Voir *Annales des mines, loc. cit.*, p. 615.

TABLEAU V.

PROPORTION de grisou p. 100.	POUSSIÈRES DE LA MINE KŒNIG passées au tamis de 1 millim.				POUSSIÈRES DE NEU-ISERLOHN très fines.			
	Longueur des flammes.		Déplacement du wagonnet.		Longueur des flammes.		Déplacement du wagonnet.	
	Observée	Moyenne	Observé	Moyen	Observée	Moyenne	Observé	Moyen
	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.
1	13,5		0.67		20,1	18,8	1,20	1,18
»	14,9	14,5	0,95	0,87	17,5		1,16	
»	14,9		0,93		»	»	»	»
»	14,9		0,95		»	»	»	»
2	14,9	15,5	0,94	0,95	18,9	24,1	1,30	1,46
»	16,2		0,97		26,7		1,45	
»	»		»		26,7		1,63	
3	20,1	19,5	1,35	1,26	30,1	28,5	2,80	2,18
»	18,9		1,17		26,7		1,75	
»	»		»		28,8		2,00	
4	18,8		?		33,4		3,30	
»	20,1		?		31,4	31,2	2,50	2,58
»	36,0	24,9	2,85	2,23	28,8		1,95	
»	25,4		2,00		»		»	
»	24,1		1,85		»		»	
5	37,3		3,65		36,0	36,0	3,12 (1)	3,39 (1)
»	33,4	35,1	3,45	3,37	36,0		3,65 (1)	
»	34,6		3,00		»		»	
6	42,6		14.40		52.0		?	
»	41,2	41,3	6,10	9,15	46,5	47,0	7,25 (1)	6,28 (1)
»	40,0		6,95		42,6		5,30 (1)	

(1) Avec le wagonnet chargé pesant 738 kilogr.

On a fait également une expérience avec des poussières très fines de la mine Pluto, la longueur de la flamme a été de 36 mètres avec 2 p. 100 de grisou.

On voit, d'après ces expériences, que l'addition d'une certaine quantité de grisou a pour résultat d'augmenter la longueur des flammes et l'effet mécanique produit; avec la poussière de la mine Kœnig, en particulier, comme on peut le voir dans le tableau IV, la flamme n'avait que 11 à 12 mètres en l'absence de grisou. Avec celle de Neu-Iserlohn, on a observé la vitesse de propagation de la flamme, elle était de 1 mètre jusqu'à 3 p. 100 de grisou; mais de 4 à 6 p. 100, cette propagation était presque instantanée.

La Commission prussienne a insisté surtout sur l'effet

des poussières en présence de 3 p. 100 de grisou, proportion que toutes les lampes de mines peuvent constater.

On a d'abord fait des expériences avec 230 grammes de poudre et une bourre de poussières, mais sans poussières dans la galerie; un compartiment de 20 ou 40 mètres cubes contenait un mélange à 3 p. 100 de grisou; les résultats ont été les suivants :

TABLEAU VI.

NOMS des mines.	NATURE des poussières.	AVEC 20 MÈTRES CUBES du mélange grisouteux.		AVEC 40 MÈTRES CUBES du mélange grisouteux.	
		Longueur des flammes.	Déplacement du wagonnet de 738 kil.	Longueur des flammes.	Déplacement du wagonnet de 738 kil.
		m.	m.	m.	m.
Kohlscheid..	Fines.	11,0	0,38	11.0	0,28
Kœnig. . . .	Très fines.	13,25	0,57	11,5	0,46
Pluto.	Très fines.	12	0,58	11,0	0,59

Si on répand, au contraire, des poussières sur le sol, la longueur des flammes est beaucoup augmentée; voici les résultats obtenus avec des poussières très fines de la mine Kœnig (charge de poudre de 730 grammes).

TABLEAU VII.

PROPORTION de grisou.	VOLUME du compartiment grisouteux.	LONGUEUR de galerie garnie de poussières.	BOURRE D'ARGILE.		BOURRE DE POUSSIÈRES.	
			Longueur des flammes.	Déplacement du wagonnet de 738 kil.	Longueur des flammes.	Déplacement du wagonnet de 738 kil.
p. 100	m. c.	m.	m.	m.	m.	m.
0	0	10	16	0,34	20,5	0,35
0	0	20	»	»	36,0	0,36
0	0	40	»	»	39,5	0,45
3	20	10	23	?	27,0	0,45
3	20	20	27	?	»	»
3	40	20	44	?	»	»
3	40	40	»	»	52,5	0,89

Les deux dernières expériences, faites avec 40 mètres cubes du mélange grisouteux, ont donné lieu à de véritables explosions; ainsi, cette faible proportion de grisou qui ne serait pas dangereuse dans une mine non poussié-

reuse, peut provoquer une explosion et devenir très dangereuse en présence d'une certaine quantité de poussières.

On a voulu enfin répéter ces expériences avec des poussières de différentes provenances; on a obtenu les résultats suivants en employant 230 grammes de poudre et en bourrant avec des poussières.

TABLEAU VIII.

NOMS DES MINES.	LONGUEUR de galerie garnie de poussières.	LONGUEUR des flammes.		DÉPLACEMENT du wagonnet de 738 k.	
		Sans grisou.	Avec 3 p. 100 de grisou.	Sans grisou.	Avec 3 p. 100 de grisou.
	m.	m.	m.	m.	m.
Aix-la-Chapelle.					
Kohlscheid	10	10,75	11,75	0,19	0,30
	20	9,5	15,0	0,23	0,25
Westphalie.					
Massen	10	15,0	22,5	0,10	0,54
	20	15,0	23,0	0,45	0,40
Victor	10	20,5	23,25	0,45	0,56
	20	20,5	28,5	0,60	0,50
Louise	10	19,0	25,5	0,34	0,56
	20	19,5	36,0	0,43	0,56
Shamrock	10	19,0	24,5	0,42	0,54
	20	25,5	46,25	0,38	1,77
	40	3[illegible],25	»	0,50	»
Joachim	10	22,0	27,0	0,46	0,50
	20	27,0	54,5	0,34	1,65
	40	27,0	»	0,50	»
Saarbrück.					
Kreuzgrœben	10	12,5	19,0	0,27	0,30
	20	12,5	20,5	0,25	0,35
Itzenplitz (Victoria)	10	17,0	22,0	0,32	0,61
—	20	»	25,5	»	0,59
— (Sophie)	20	15,5	20,5	0,20	0,66
— (23e couche)	20	16,5	»	0,35	»
	30	»	19,5	»	0,53
Gerhard	10	14,5	22,0	0,14	0,40
	20	15,0	27,0	0,17	0,22
Altenwald	10	18,0	24,5	0,27	0,63
	20	24,5	36,0	0,38	0,64
Camphausen	10	22,65	28,0	0,50	0,52
	20	26,25	50,25 (1)	0,46	1,99 (1)
	40	36,0	» (2)	0,42	» (2)
Silésie.					
Kœnigin-Louise	10	14,0	20,5	0,31	0,47
	20	18,0	22,0	0,43	0,45
Kœnig	10	20,5	23,0	0,49	0,50
	20	20,5	25,5	0,30	0,57
Rudolf	10	14,0	15,0	0,38	0,50
	20	14,0	16,5	0,35	0,55
Joh. Baptist	10	16,5	24,5	0,50	0,90
	20	16,5	29,0	0,30	0,58
Petrkowitz	10	13,0	16,5	0,27	0,50
	20	15,0	18,0	0,45	0,60
— (pouss. très fines)	20	19,0	31,5	5,30	0,35

(1) Avec 4 p. 100 de grisou, on a obtenu 53 mètres et 4m,85.
(2) Avec 4 p. de grisou, 55 mètres et 16 mètres.

On voit que l'addition d'une petite quantité de grisou a presque toujours pour effet d'augmenter la longueur des flammes, qui s'étendent alors en général au delà de la partie de galerie garnie de poussières; dans quelques expériences (les chiffres correspondants sont ceux imprimés en caractères plus forts et ceux indiqués en note dans le tableau VIII ci-dessus), la propagation de la flamme a été instantanée, comme dans une explosion.

La Commission conclut de toutes ces expériences qu'en l'absence de grisou il existe peu d'espèces de poussières qui puissent provoquer une explosion; mais, si l'atmosphère contient seulement 3 p. 100 de grisou dans le voisinage du coup de mine, presque toutes les poussières présentent des dangers d'explosion. Seules, les poussières anthraciteuses, telles que celles de Kohlscheid, paraissent faire exception; cependant, en présence du grisou, leurs flammes se propagent très loin, et peuvent causer des incendies.

Les expériences de Neunkirchen ont établi aussi une particularité intéressante sur la formation du coke : en présence de poussières et de grisou, cette formation est moins abondante qu'en présence de poussières seules, et elle diminue à mesure qu'on élève la proportion de grisou, et que par suite la vitesse de propagation de la flamme augmente.

On a fait quelques expériences pour savoir si le bourrage à l'eau était un moyen d'éviter l'inflammation des poussières; les coups de mine bourrés de cette façon n'enflamment pas les poussières répandues sur le sol des galeries, même en présence de 5 p. 100 de grisou; mais ils enflamment toujours les mélanges contenant au moins 6 p. 100 de ce gaz.

2° Effets mécaniques des explosions de grisou et de poussières.

On a fait trois expériences à ce sujet: la première, sans grisou, au moyen de 60 kilogrammes de poussières de la mine Pluto, répandues sur une longueur de 40 mètres; la deuxième, sans poussières, en faisant détoner 20 mètres cubes d'un mélange grisouteux à 7 p. 100; la troisième, semblable à la précédente, mais en répandant, en outre, des poussières sur une longueur de 20 mètres; dans ce dernier cas, la galerie principale était fermée par une porte solide en bois, armée de cadres en fer.

Les effets mécaniques étaient mesurés au moyen de 3 manomètres à maxima, placés à 1, 17 et 24 mètres du fond de la galerie, et au moyen du wagonnet chargé pesant 738 kilogrammes.

Les résultats ont été les suivants :

NATURE de l'explosion.	LONGUEUR des flammes.	DÉPLACEMENT du wagonnet.	PRESSION EN ATMOSPHÈRES absolues.		
			Man. I.	Man. II.	Man. III.
	mètres	mètr.	atm.	atm.	atm.
Explosion de poussières.	57	2,55	2	2	1,25
Explosion de grisou. . .	49	8	1,75	2	1,50
Explosion mixte.	44 (galerie principale) et 13 (galerie latérale)	non observé	3	2,75	2,75

Bien que la mesure fournie par les manomètres soit certainement imparfaite, on voit cependant quelle influence a l'addition d'une petite quantité de poussières (15 kilogrammes) sur le maximum de pression obtenue.

Dans la dernière explosion, la porte a été entièrement réduite en morceaux.

3° Inflammation des poussières et du grisou par une flamme nue.

En présence d'une lampe de mine à feu nu, un mélange contenant 4 p. 100 de grisou donne lieu à une inflammation qui se propage avec une vitesse de $0^m,30$ par seconde environ; la vitesse de propagation augmente pour 5 p. 100 de grisou. A 6 p. 100, on obtient une faible explosion.

La présence des poussières, même les plus fines et les plus dangereuses, n'augmente pas dans ces conditions le danger d'explosion, tant que l'atmosphère ne contient que 3 à 4 p. 100 de grisou; elle empêche, au contraire, la propagation latérale de l'inflammation. Mais il n'en est plus de même à partir de 5 p. 100; cette propagation est alors très violente; elle devient presque une explosion. Avec 6 p. 100 de grisou, on a obtenu des explosions dans tous les cas.

M. Hilt ajoute que, dans le premier cas, la distillation des poussières dans le voisinage de la flamme doit absorber de la chaleur; elle peut ainsi produire un refroidissement suffisant pour empêcher la propagation latérale de la flamme; en même temps, celle-ci s'allonge par la combustion des produits de distillation.

A partir de 5 p. 100 de grisou, au contraire, le refroidissement produit par la distillation ne suffit plus pour empêcher la propagation latérale de l'inflammation, et celle-ci devient beaucoup plus violente parce qu'au grisou viennent s'ajouter les produits de distillation des poussières.

4° Effets des coups de mine non débourrants.

Les expériences sur les effets des coups de mine non débourrants ont été faites soit avec la poudre ordinaire,

soit avec la dynamite. Les coups de mine étaient forés dans des blocs de houille ou de grès, et ceux-ci étaient recouverts d'une couche de 20 à 30 centimètres de poussières de charbon; en outre on répandait en général des poussières dans la galerie sur une longueur de 10 ou 20 mètres.

En employant la poudre ordinaire, les poussières seules, sans grisou, ne se sont même pas enflammées; en présence de 4 ou de 5 p. 100 de grisou, et de poussières, avec une charge de poudre de 115 grammes, on n'a eu aucune explosion, ni inflammation; avec 155 grammes de poudre, on a obtenu une explosion une fois sur deux.

On a fait aussi deux expériences avec des cartouches de poudre posées librement à terre; on a obtenu, en l'absence de grisou, l'inflammation des poussières.

Les essais suivants ont été faits avec la dynamite n° 1 (contenant 23 à 25 p. 100 de kieselguhr et 75 à 77 p. 100 de nitroglycérine).

En l'absence du grisou, un coup de mine chargé de dynamite n'a pas enflammé les poussières; on n'a fait, du reste, qu'une expérience dans ces conditions.

Dans trois expériences successives, en présence du grisou, sans poussières, l'explosion d'un coup de mine à la dynamite n'a donné aucune inflammation du gaz, quand l'atmosphère n'en contenait que 5 ou 6 p. 100. Avec 7 p. 100 de grisou, on a obtenu une explosion.

On a enfin fait de nombreux essais avec des mines chargées de dynamite, en présence de poussières en même temps que de 4 ou 5 p. 100 de grisou : quelle que soit la nature des poussières employées, on n'a jamais obtenu leur inflammation.

M. Hilt a voulu voir aussi l'effet de l'explosion d'une cartouche de dynamite librement posée sur le sol.

Avec la dynamite employée dans les essais précédents, on a reconnu qu'en présence de poussières et de quan-

tités de grisou allant jusqu'à 6 p. 100, on n'avait pas à craindre d'explosion. Mais, avec d'autres échantillons de dynamite ayant cependant la même composition, on a obtenu des explosions dans ces conditions pour des proportions de grisou ne dépassant pas 4 1/2 p. 100; avec 4 p. 100 seulement on n'a jamais obtenu la moindre inflammation. En outre, en chargeant des mines avec cette seconde espèce de dynamite, on a obtenu, dans quelques cas, une inflammation en présence de poussières et pour une teneur de 5 p. 100 de grisou seulement, mais jamais pour des teneurs moindres.

Cette qualité de dynamite est donc plus dangereuse que la précédente. M. l'inspecteur des mines Margraf a expliqué cette anomalie par ce fait que la dynamite n° 1 est livrée sous deux états différents. La différence entre les deux qualités, bien connue des fabricants, provient de la plus ou moins grande faculté d'absorption de la kieselguhr; si celle-ci mise en présence d'un poids triple de nitroglycérine l'absorbe facilement, on obtient un produit assez rude au toucher, sec, et peu plastique; dans le cas contraire, la cartouche de dynamite obtenue est lisse, grasse et plastique.

En général, on a donné jusqu'ici la préférence à la dynamite sèche, qui laisse moins facilement suinter la nitroglycérine; mais, dans les expériences ci-dessus, c'est précisément cette qualité qui s'est montrée plus dangereuse que la dynamite grasse.

En résumé, la dynamite, bien que beaucoup plus sûre que la poudre ordinaire, n'est pas absolument exempte de danger. On a vu que, dans certaines conditions, elle peut provoquer, en présence de poussières, l'explosion de mélanges grisouteux qui ne seraient pas explosifs par eux-mêmes.

En outre, les cartouches de dynamite simplement posées à terre sont plus dangereuses que les coups de mine;

ce fait provient probablement, d'après M. Hilt, de la présence de la kieselguhr : les molécules de ce corps portées au rouge par la combustion de la nitroglycérine sont alors projetées dans l'atmosphère poussiéreuse ; elles provoquent la distillation des poussières et la production de gaz explosifs.

5° Effets des autres explosifs.

1. *Amorces et étoupilles.* — Les amorces au fulminate n'ont jamais communiqué l'explosion ni aux poussières, ni aux mélanges grisouteux les plus explosifs. Seules, les capsules d'Abegg destinées à l'allumage électrique et contenant de la poudre ordinaire, ont provoqué l'explosion d'un mélange contenant 5 p. 100 de grisou, en présence de poussières.

Les étoupilles fusantes n'ont donné, en général, aucune explosion ; cependant, au moment où la flamme de la poudre jaillit soit par une des extrémités, soit dans une partie détériorée de l'étoupille, elle peut enflammer des mélanges poussiéreux contenant au moins 5 p. 100 de grisou.

2. *Dynamite-gomme.* — Avec des cartouches de dynamite-gomme posées à terre, ou employées comme charges de coups de mine, on n'a jamais communiqué l'explosion, même en présence de poussières, à des mélanges contenant jusqu'à 10 p. 100 de grisou.

Dans une de ces expériences, on a fait sauter à la fois trois blocs de grès, en présence de 9 p. 100 de grisou ; on avait recouvert les blocs d'une couche de 20 centimètres de poussières, et on avait répandu des poussières dans la galerie sur une longueur de 20 mètres.

Les cartouches employées pesaient 62 grammes, et étaient depuis un an et demi en magasin.

3. *Dynamite-gélatine.* — Cet explosif est un mélange de dynamite-gomme et de poudres diverses, celles-ci étant composées de salpêtre et de corps riches en carbone (cellulose, charbon); la dynamite-gélatine n° III contient en outre du soufre.

Les proportions sont les suivantes pour les trois qualités fabriquées :

N° I.	65 p. 100	de dynamite-gomme	et	35 p. 100	de	poudre.
N° II.	45	—	—	55	—	—
N° III.	25	—	—	75	—	—

La dynamite-gélatine n° I, en cartouches de 80 grammes, a donné les mêmes résultats que la dynamite-gomme.

La dynamite-gélatine n° III, en cartouches posées à terre, a donné des explosions, en présence de poussières de charbon, à partir de 6 p. 100 de grisou. Comme charge de mine, on l'a seulement expérimentée en présence de poussières et de 5 p. 100 de grisou; elle n'a pas donné d'explosion dans ces conditions.

Il faut remarquer qu'avec la dynamite-gomme et la dynamite-gélatine, l'odeur des gaz restant dans le chantier après l'explosion est insupportable.

4. *Autres explosifs.* — On a fait enfin des essais soit avec des cartouches de fulmicoton comprimé, pesant de 65 à 70 grammes, soit avec deux nouveaux explosifs, la kinétite et la hellhoffite.

Le rapport de la Commission donne les détails suivants sur la fabrication de ces deux explosifs : la kinétite se compose d'un mélange d'hydrocarbures nitrés et d'hydrocarbures simples, dans lequel on dissout de la nitrocellulose; on forme ainsi une sorte de gélatine, inaltérable à l'eau et ne gelant pas; cette gélatine est traitée par des azotates et des chlorates; chaque molécule de ces sels est ainsi enveloppée d'une couche gélatineuse, de

sorte qu'ils ne peuvent se dissoudre au contact de l'eau. Enfin, on ajoute une petite proportion d'un composé sulfuré (pentasulfure d'antimoine) pour assurer l'explosion; ce sel, grâce à la substance gélatineuse, n'est en aucun point au contact des premiers. Chacun de ces corps n'est pas explosif par lui-même; l'explosion n'a lieu qu'à l'aide d'une forte amorce.

La hellhoffite est liquide; on en fabrique deux variétés : la première se compose d'une partie de dinitrobenzol et d'une partie et demie d'acide azotique ; la seconde d'une partie de nitrobenzol et de deux parties et demie d'acide azotique; mais l'usage de la hellhoffite liquide présentant de nombreuses difficultés, on peut l'employer comme la nitroglycérine, en la faisant absorber par la kieselguhr.

Les expériences avec le coton poudre, la kinétite, et la hellhoffite liquide ou absorbée par la kieselguhr ont donné des résultats aussi satisfaisants qu'avec la dynamite-gomme : on n'a jamais obtenu d'explosion de mélanges grisouteux, ni de poussières, bien que la proportion de grisou se soit élevée dans ces expériences jusqu'à 10 p. 100.

En outre, avec ces explosifs, on obtient moins de menu et plus de gros qu'avec les précédents; les gaz produits par leur combustion, sauf avec la kinétite, ne sont pas délétères, et ils permettent de rentrer dans le chantier aussitôt que le coup de mine est tiré.

En résumé, parmi les divers explosifs expérimentés, les explosifs *simples*, tels que la dynamite-gomme, le fulmicoton, la kinétite, la hellhoffite, ne présentent aucun danger en présence des poussières de houille, et dans une atmosphère contenant jusqu'à 10 p. 100 de grisou.

Mais un certain nombre de ces explosifs simples sont employés à l'état de mélange avec une poudre, inerte ou

active ; parmi ces explosifs *complexes*, la dynamite-gélatine n° I et la hellhoffite à la kieselguhr présentent les mêmes garanties que les précédents ; mais la dynamite-gélatine n° III, et la dynamite ordinaire sont beaucoup moins sûres.

6° Expériences sur la diffusion du grisou.

On a fait à Neunkirchen des expériences sur le temps nécessaire au grisou pour se mélanger complètement à l'air par diffusion. On employait des compartiments rendus étanches de la galerie d'expériences, dont la contenance était de 10 et 20 mètres cubes ; on y faisait arriver, par une ouverture placée au milieu de la hauteur, une certaine quantité de grisou, correspondant à 3, 4 ou 5 p. 100 du volume du compartiment.

Ces expériences ont montré que le grisou, qui se rassemble d'abord à la partie supérieure, se mélange ensuite peu à peu à l'air ; dans des galeries ayant environ 2 mètres de hauteur, la diffusion exige de 3 à 4 heures pour être complète ; déjà, au bout de 3 heures, les différences entre le toit et le sol de la galerie ne sont plus appréciables à la lampe ; on n'a pu les constater que par l'analyse.

On a reconnu qu'après un plus long laps de temps, 24 heures par exemple, la composition du mélange reste uniforme.

II. — INFLUENCE DES VARIATIONS DE LA PRESSION ATMOSPHÉRIQUE SUR LE DÉGAGEMENT DU GRISOU.

Les expériences relatives à l'influence de la pression atmosphérique sur le dégagement du grisou ont été faites aux puits « Gemeinschaft» et « Ath-Gouley », près d'Aix-

la-Chapelle. Dans ces deux mines, mais surtout dans la seconde, la couche Grosslangenberg qui dégage beaucoup de grisou est exploitée depuis longtemps ; elle présente de grands vides soit dans les vieux travaux, soit dans les crevasses qui se sont produites au toit de la couche.

On a choisi pour les observations une dérivation du courant d'aérage dans chacune de ces mines (courant II*d* du puits de Gemeinschaft, et courant I*d* du puits Ath-Gouley). Dans chacun de ces courants partiels, pendant tout le mois de septembre 1885, on a fait des mesures anémométriques et des prises de gaz à analyser, tous les matins à 5 heures, après la fin du trait de nuit pour les réparations.

En même temps on faisait à la surface, quatre fois par jour, des observations barométriques et thermométriques.

En déterminant par l'analyse les proportions de grisou et d'acide carbonique existant dans la prise de gaz (*), on en concluait le nombre de mètres cubes de grisou et d'acide carbonique passant par minute dans la galerie.

Mais ces expériences donnaient seulement les quantités de gaz qui se dégageaient encore plusieurs heures après la fin du travail au charbon; aussi, pour étudier l'influence de l'abatage et celle des variations journalières de la pression barométrique, a-t-on fait sur les mêmes dérivations de courants une nouvelle série d'expériences d'une semaine, en déterminant la proportion de gaz trois fois par jour, à 5 heures du matin, à midi et à 10 heures du soir.

Enfin, on a répété des observations analogues, pendant une nouvelle période d'une semaine, pour deux autres

(*) D'après le *Rapport de la Commission prussienne*, ces teneurs étaient déterminées avec une approximation de 0,01 p. 100.

parties des exploitations, ne présentant pas de vieux travaux. On a choisi pour cela, au puits Gemeinschaft, des travaux préparatoires de la couche Grosslangenberg au niveau de 430 mètres et un quartier d'exploitation encore récent de la couche Meister.

Les résultats de ces six séries d'expériences sont donnés par les tableaux graphiques de la planche XVII (*fig.* 2 à 7).

L'auteur du rapport, M. Hilt, croit que ces expériences démontrent d'une façon certaine l'influence des variations de la pression atmosphérique sur le dégagement du grisou.

Cette influence apparaît nettement dans les expériences faites sur le courant I*d* de la mine Ath-Gouley, pendant le mois de septembre 1885 (Pl. XVII, *fig.* 3), et surtout dans les observations faites à cette mine du 11 au 17 octobre (Pl. XVII, *fig.* 5).

Les résultats obtenus avec le courant partiel II*d* de la mine Gemeinschaft, pendant le mois de septembre, semblent moins concluants (Pl. XVII, *fig.* 2), mais la pression atmosphérique y avait peu varié pendant ce temps, et les observations faites du 5 au 10 octobre (*fig.* 4) montrent que d'importantes variations de pression ont eu là aussi une influence sensible sur le dégagement du grisou.

Enfin les deux dernières séries d'expériences (Pl. XVII, *fig.* 6 et 7) ont montré que cette influence s'exerce aussi quand les travaux sont peu développés, et qu'il n'existe pas de vieux travaux; le grisou doit se dégager alors directement du charbon lui-même en plus ou moins grande quantité.

Dans les conditions, au contraire, où ont été faites les premières séries d'observations, les nombreux vides et vieux travaux de la mine forment un grand réservoir, où s'accumule le grisou, et qui agit ensuite comme régulateur. On voit, en effet, que, dans le courant I*d*, qui correspond aux espaces vides les plus vastes, les variations dans la

proportion du grisou d'un jour à l'autre, et même d'une semaine à l'autre (*fig.* 3 et 5), sont beaucoup moins brusques que dans le courant II*d* (*fig.* 2 et 4).

M. Hilt explique de la façon suivante comment la pression atmosphérique peut influer sur la quantité de grisou qui se dégage du charbon :

« Dans un article sur la pression du grisou dans la houille, M. Mallard a admis que l'air, *ne contenant pas de grisou*, exerce une pression nulle sur le gaz qui se dégage; ce fait serait exact si le grisou se répandait dans un milieu plein d'air d'après les mêmes lois que dans le vide, c'est-à-dire s'il s'y distribuait de suite d'une façon uniforme; mais les choses ne se passent pas ainsi, et, comme on l'a vu plus haut, il s'écoule un laps de temps assez long avant que la diffusion ne soit complète; l'air oppose donc une certaine résistance à la sortie du gaz, et cette résistance doit être plus ou moins grande selon que la pression atmosphérique augmente ou diminue.

« En outre, l'air, *déjà chargé du grisou*, oppose certainement une résistance au dégagement du gaz, comme M. Mallard l'admet lui-même; cette résistance doit augmenter ou diminuer avec la pression de ce gaz dans l'air, et celle-ci varie dans la mine en même temps que la pression atmosphérique. Il faut remarquer du reste que, si la proportion du grisou dans l'air augmente quand la pression atmosphérique s'abaisse, cet accroissement doit agir à son tour pour ralentir le dégagement de nouveau gaz.

« Il faut tenir compte enfin d'une troisième cause, dont l'effet est probablement prédominant : M. Mallard compare l'écoulement du gaz contenu dans le charbon à celui de l'eau qui se trouve dans des couches perméables. Cette comparaison n'est qu'en partie exacte : le charbon n'est pas perméable pour le grisou comme des couches poreuses le sont pour l'eau; le grisou y est plutôt, au

moins en partie, à l'état d'inclusions, et il ne peut se dégager qu'en brisant les parois, comme on peut le reconnaître par les décrépitations bien connues des mineurs. Mais la pression atmosphérique ne fait équilibre que jusqu'à une certaine limite à la pression du gaz dans la houille, et celui-ci fait éclater des parcelles des parois plus ou moins facilement, selon que la pression atmosphérique diminue ou augmente. »

Il faut aussi remarquer les nombreuses variations qu'on a observées dans la proportion d'acide carbonique; celle-ci, qui dans les travaux neufs n'est que de 1/7 à 2/5 de celle du grisou, atteint 1/2 à 4/7 et dans certains cas 2/3 de cette teneur dans les quartiers où il existe beaucoup de vieux travaux; c'est surtout dans ceux-ci, en effet, que l'acide carbonique se produit par une oxydation lente, et le gaz confiné dans ces espaces isolés doit contenir, comme on l'a souvent vérifié, une assez forte proportion d'acide carbonique pour qu'on ait rarement à y redouter une explosion de grisou.

On peut voir, en outre, que le dégagement d'acide carbonique varie lui-même avec la pression atmosphérique, bien que ces variations soient moins régulières que pour le grisou; M. Hilt en conclut qu'une grande partie de cet acide carbonique se dégage directement du charbon et de ses épontes, comme on l'a constaté du reste par l'analyse de certains soufflards.

III. — ÉTUDE DES VARIATIONS DE LA QUANTITÉ DE GRISOU DÉGAGÉE PAR UN QUARTIER D'EXPLOITATION.

La Commission prussienne du grisou a voulu vérifier, par des expériences précises, si la quantité de grisou dégagée dans une mine dépend principalement des surfaces de charbon récemment mises à nu, et de la quantité

de charbon abattu; ces expériences ont eu lieu au puits Kaiserstuhl des mines Westphalia, près de Dortmund; elles avaient pour but d'étudier la quantité de grisou dégagée par un quartier d'exploitation, depuis le commencement des travaux de traçage jusqu'à l'achèvement complet du dépilage.

On a choisi la deuxième section Est de la couche Sonnenschein : celle-ci se compose d'un banc supérieur de $1^m,40$, d'une couche de stérile de $0^m,30$ environ, et d'un banc inférieur de $0^m,30$. Le toit, après un lit de schiste argileux ne dépassant pas $0^m,50$, se compose d'une couche de 20 mètres de grès à gros grains, ferrugineux; le mur est formé par des schistes argileux qui ont 10 mètres environ d'épaisseur. Le plongement des couches est de 60 degrés environ.

Le quartier d'exploitation considéré avait 150 mètres en direction et 78 mètres suivant l'inclinaison; il comprenait 20.000 tonnes de charbon.

L'air arrivait par la voie de fond, et une galerie de niveau à la partie supérieure du quartier servait de retour d'air.

Les travaux de traçage ont consisté à réunir ces deux galeries par un plan incliné, puis à diviser le quartier en six sous-étages par des galeries en direction, distantes de 10 mètres environ, qui partaient du plan incliné, et étaient réunies entre elles par des recoupes successives.

La station d'observation était installée en un point de la galerie de retour d'air, où on avait fait un revêtement soigné, en planches de sapin, sur une longueur de 10 mètres ; c'est là qu'étaient faites, entre neuf heures et midi, les mesures anémométriques et les prises d'essai du courant d'air qui étaient ensuite analysées.

Ces observations, commencées à la fin de novembre 1884, après l'installation du plan incliné, ont été continuées jusqu'au 31 août 1885; on les a interrompues à

cette époque, bien que le dépilage ne fût pas terminé, parce que les travaux avaient ouvert un soufflard dégageant beaucoup de grisou, et que les résultats des observations devenaient dès lors illusoires.

Le tableau suivant donne le résumé des observations faites ; on en a déduit la quantité de grisou dégagée par tonne de houille abattue, par mètre carré de la surface totale de charbon mise à nu dans tout le quartier d'exploitation, et par mètre carré de la surface de charbon récemment mise à nu. Ce dernier chiffre était obtenu en divisant la quantité de grisou dégagée pendant un mois, par la surface de charbon mise à nu pendant ce temps.

MOIS.	QUANTITÉ de grisou dégagée		TONNES DE CHARBON extraites par mois.	SURFACE de charbon mise à nu.		QUANTITÉ DE GRISOU dégagée			OBSERVATIONS.
	par jour.	par mois.		dans tout le quartier.	pendant le mois.	par tonne de charbon extraite.	par mètre carré de la surface totale de charbon mise à nu	par mètre carré de la surface de charbon mise à nu pendant le mois.	
	m. c.	m. c.	ton.	m. q.	m. q.	m.c.	m. c.	m. c.	
Décembre 1884 . .	607,2	18.823	1.012,1	1.267	585	18,6	14,3	32,2	
Janvier 1885 . .	606,4	18.798	754,6	1.824	557	24,9	10,3	33,7	Traçage.
Février. .	618,9	17.329	734,2	2.340	516	23,6	7,83	33,6	
Mars . . .	711,1	22.044	890,4	3.000	660	24,8	7,33	33,3	
Avril . . .	628,0	18.840	571.0	3.405	405	33,0	5,53	46,5	Période intermédiaire.
Mai	520,6	16.139	446,0	3.567	162	36,2	4,52	»	
Juin. . . .	605,4	18.162	855,2	»	»	21,2	»	»	
Juillet. . .	543,6	16.851	1.286,5	»	»	13,1	»	»	Dépilage.
Août. . . .	547,0	16.957	1.367,5	»	»	12,4	»	»	

Ce tableau montre que le dégagement du gaz est dans son ensemble très régulier ; il n'augmente pas avec la longueur des galeries, mais il dépend plutôt de la quantité de tonnes extraites et de la surface récemment mise à nu. Par rapport à la surface totale de charbon mise à nu, il diminue constamment pendant toute la période de traçage.

L'installation du plan incliné ayant duré environ six mois, les parties voisines avaient pendant ce temps perdu une partie de leur gaz; aussi les quantités de grisou dégagées par tonne extraite ou par mètre carré de la surface de charbon mise à nu sont-elles moindres pendant le mois de décembre, parce qu'à cette époque les fronts de taille étaient très voisins du plan incliné.

Les trois mois suivants présentent une grande régularité; mais ensuite, pendant les mois d'avril et de mai, la proportion de grisou par tonne extraite augmente sensiblement; c'est que, à ce moment, les travaux atteignaient la faille formant la limite du champ d'exploitation, et que, pour cette raison, ils donnaient exceptionnellement beaucoup de grisou et peu de charbon.

Enfin, pendant le dépilage, la quantité de grisou dégagée par tonne extraite s'abaisse rapidement, les galeries de traçage ayant drainé une grande partie du gaz de la couche.

En résumé la Commission est arrivée aux conclusions suivantes :

1. La quantité de grisou dégagée par un quartier n'augmente pas à mesure que l'exploitation s'y développe, parce qu'elle dépend essentiellement de la quantité de charbon extraite et de la surface de charbon *récemment* mise à nu.

2. Pendant le dépilage, la quantité de grisou dégagée est relativement moindre que pendant les travaux de traçage, parce qu'au bout de peu de temps le charbon a perdu une grande quantité du gaz qu'il contient.

Au point de vue de la ventilation, on conclut de ces résultats les règles suivantes :

1. Pendant les travaux de traçage, la ventilation doit être plus active que pendant le dépilage.

2. La quantité d'air à envoyer dans les travaux ne doit pas être calculée d'après le nombre d'ouvriers et de

chevaux du fond, mais d'après la quantité de charbon extraite.

IV. — DES LAMPES DE SÛRETÉ.

L'étude de la question des lampes de sûreté a été confiée à une sous-commission spéciale, instituée le 2 décembre 1882, dont le rapport vient d'être publié dans les « Pièces annexes ».

Nous n'insisterons pas sur la première partie de ce rapport, qui contient la description des lampes actuellement en usage, et l'analyse des recherches faites sur cette question par les Commissions spéciales, en Belgique, en France, en Angleterre et en Saxe.

Nous nous proposons seulement de rendre compte des expériences faites par la sous-commission. Celle-ci a commencé par inviter les différentes directions de mines de houille à lui envoyer un spécimen des lampes en usage chez elles et à donner en même temps leur avis sur la question des lampes de sûreté. La plupart des mines ont répondu à cet appel, mais leurs réponses ont témoigné de la plus grande diversité d'opinions, même sur les questions les plus importantes.

Les expériences de la sous-commission ont été faites, soit au laboratoire de Bochum, soit à celui de l'École technique supérieure d'Aix-la-Chapelle.

1° Pouvoir éclairant des lampes de sûreté.

Les pouvoirs éclairants étaient évalués au moyen d'un photomètre de Bunsen, par rapport à la bougie normale anglaise de spermaceti, ayant une flamme de 45 millimètres de hauteur.

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau suivant :

NOMBRE des lampes expérimentées.	SYSTÈME DES LAMPES.	COMBUSTIBLE.	POUVOIR ÉCLAIRANT. Maximum.	Minimum.	Moyen.
5	Lampe Mueseler.	Huile purifiée.	0,85	0,35	0,69
2	Lampe Marsaut	Id.	0,69	0,67	0,68
4	Lampe Wolf (1).	Benzine.	0,88	0,52	0,66
9	Lampe Clanny (2)	Huile purifiée.	0,95 (5)	0,45	0,62
20	Lampe de Saarbrück (Boty) (3). . . .	Id.	0,83	0,40	0,60
50	Lampe de Westphalie (4), sans ouvertures à la partie inférieure. . .	Id.	0,82	0,42	0,59
19	Lampe de Westphalie, avec arrivée de l'air à la partie inférieure. . . .	Id.	0,86	0,31	0,56
9	Lampe Davy.	Id.	0,26	0,13	0.19
118			Moyenne . .		0,578

(1) La lampe Wolf est une lampe à benzine dans laquelle le tamis a un diamètre moindre que le verre; l'allumage se fait au moyen de l'inflammation d'une amorce fulminante par percussion.

(2) La lampe Clanny, surtout usitée en Angleterre, a aussi un tamis plus étroit que le verre; la partie supérieure est coiffée d'un chapeau en toile métallique qui double le tamis sur une hauteur de 20 à 35 millimètres.

(3) La lampe Boty ou de Saarbrück, la plus simple des lampes munies de verre, est une lampe Mueseler dont on aurait supprimé la cheminée et le diaphragme. Le tamis est légèrement conique.

(4) La lampe de Westphalie ne diffère de la précédente que par l'introduction de l'air au-dessous du cylindre de verre, par une rangée de trous ou à travers une toile métallique; actuellement, on a presque partout fermé ces ouvertures.

(5) Avec réflecteur.

Ces chiffres s'appliquent aux lampes parfaitement nettoyées. On voit que presque tous les systèmes peuvent atteindre un pouvoir éclairant initial de 0,80. Aussi a-t-on recommandé aux directions de mines de s'efforcer d'atteindre ce chiffre pour toutes leurs lampes, et d'imposer, dans ce but, des conditions sévères à leurs fabricants.

Les lampes à feu nu ont un pouvoir éclairant d'environ 1,40. On a vérifié, en outre, que l'enveloppe de la lampe absorbe 16 p. 100 de la lumière dans une lampe Boty et 60 p. 100 dans une lampe Davy.

Pendant le travail, le pouvoir éclairant est beaucoup diminué; d'après les expériences, il peut descendre à 0,33 environ pour les lampes Clanny ou Wolf; cependant les lampes à benzine semblent conserver, en moyenne, mieux que les autres leur pouvoir éclairant.

Au point de vue du prix de l'éclairage, le rapport insiste sur l'économie qui résulte de l'emploi de la benzine; dans une mine, par exemple, où on emploie simultanément les deux combustibles, on dépense par lampes, pour cent postes de dix heures :

4fr,96 d'huile,
ou 2fr,31 de benzine.

En outre, la perte par les vols est beaucoup plus grande avec l'huile qu'avec la benzine.

2° Propagation de l'explosion hors de la lampe dans une atmosphère tranquille.

Installation des expériences. — On a fait d'abord des essais préliminaires avec le gaz d'éclairage, en suspendant simplement la lampe au milieu d'un ballon de verre de grandes dimensions; on ne déterminait que d'une façon approximative la composition du mélange gazeux. Les expériences définitives ont été ensuite installées de la façon suivante :

Le gaz d'éclairage ou le grisou (fourni par un soufflard du puits Bonifacius, près de Bochum) se mélangeait à l'air dans un réservoir, voisin d'une caisse d'explosion où se trouvait la lampe de sûreté. On avait intercalé sur chacune des conduites une petite vanne en platine percée d'une ouverture, et au moyen d'un manomètre à eau très sensible on pouvait mesurer constamment les chutes de pression produites par l'écoulement à travers ces ouvertures; ces chutes de pression étaient en relation connue

avec la vitesse d'écoulement. Connaissant ainsi les quantités de gaz écoulées, on pouvait donner au mélange la composition voulue; on a vérifié qu'on évaluait cette composition à moins de 1/10 p. 100 près.

L'allumage se faisait par une étincelle d'induction de 1 millimètre; une tige, contenant les deux conducteurs isolés, traversait le pied de la lampe et était mobile, de façon à ce qu'on pût produire l'étincelle à une hauteur quelconque dans la lampe.

Comme lampe d'expériences, on n'a employé qu'une simple lampe Boty, dont on variait les principaux éléments en y adaptant des cylindres de verre de hauteurs et de diamètres différents, et des tamis variant comme hauteur, largeur, épaisseur des fils métalliques, et nombre de mailles au centimètre carré. On pouvait également y adapter un diaphragme, une cheminée ou plusieurs tamis superposés.

Dans chaque expérience, pour une valeur donnée des divers éléments de la lampe et de la hauteur du point d'inflammation, on a cherché entre quelles limites de composition du mélange gazeux on pouvait obtenir la propagation de l'explosion hors de la lampe.

Le Dr Schondorff, directeur du laboratoire de Bochum, a étudié les conclusions qu'on pouvait tirer de ces expériences, et il s'est servi, pour évaluer le degré de sécurité d'une lampe, de deux éléments que nous allons définir.

En premier lieu, les expériences montraient qu'en élevant de plus en plus la hauteur du point d'inflammation dans l'axe de la lampe, pour une valeur donnée des autres éléments de l'expérience, on peut atteindre une hauteur-limite au delà de laquelle il n'y a plus de propagation de l'explosion hors de la lampe, quelle que soit la composition du mélange explosif. C'est cette *hauteur-limite du point d'inflammation* que le Dr Schondorff considère comme une mesure du degré de sécurité de la lampe, et

il admet qu'une lampe est d'autant plus sûre que cette hauteur-limite est moins élevée.

Quand le point d'inflammation est à cette hauteur-limite, l'explosion ne se propage au dehors qu'avec les mélanges les plus explosifs, c'est-à-dire contenant 14 1/2 p. 100 de gaz d'éclairage ou 9 1/2 p. 100 de grisou. Si on abaisse le point d'inflammation, on obtient des propagations de l'explosion pour des mélanges de moins en moins explosifs, et il existe un intervalle de plus en plus grand entre les deux compositions-limites entre lesquelles il y a passage de la flamme hors du tamis. Le Dr Schondorff a considéré comme nouvel élément de mesure la valeur de cet intervalle quand le point d'inflammation est à 1 centimètre du porte-mèche ; il l'a appelé *intervalle de propagation de l'explosion* et l'a évalué en quarts d'unité pour cent ; une lampe présente d'autant plus de sécurité que cet intervalle est plus petit.

Résultats des expériences. — Il faut remarquer d'abord qu'*avec le grisou on n'a jamais obtenu de propagation de l'explosion hors de la lampe*, même avec un tamis n'ayant que 5 centimètres de hauteur. Pour pouvoir étudier l'influence des autres éléments de la lampe, on a pris le parti de supprimer ce tamis dans les expériences faites avec le grisou, et de le remplacer par un simple disque de toile métallique fermant la partie supérieure du verre.

Étude de la lampe Boty. — Au point de vue de l'influence de la hauteur du verre, on a obtenu les résultats suivants :

Diamètre du verre, 5 cm. — Hauteur du tamis, { 10 cm. pour le gaz d'éclairage. 0 cm. pour le grisou.

TOILE MÉTALLIQUE. Diamètre du fil en millim.	Nombre de mailles au cmq.	Q	GAZ employé.	HAUTEUR-LIMITE du point d'inflammation pour une hauteur du verre de 11 cm	9 cm	7 cm	5 cm	INTERVALLE de propagation de l'explosion pour une hauteur du verre de 11 cm	9 cm	7 cm	5 cm
0,18	150	3,45	Gaz d'éclairage.	>16	>14	>12	>10	»	»	»	»
0,28	150	6,39		12	10	10	5	»	»	»	»
0,45	89	7,02		10	8	6	2	»	»	»	»
0,32	142	7,36		10	8	6	3	24	18	14	4
0,47	89	7,50		9	6	5	1	26	22	12	0
0,36	139	8,69		7	6	4	1	»	»	»	»
0,38	135	9,18		»	5	1	»	18	10	0	»
0,39	142	10,45		4	1	»	»	6	0	»	»
0,22	129	4,00	Grisou.	7,5	»	3,5	»	14	»	10	»
0,33	90,5	4,36		7,5-8	5,5	3,5	1,5	13-14	14	11	4-5
0,33	107	5,37		7	»	»	1	14	»	»	0
0,29	132	5,75		6	»	3	»	11	»	10	»
0,33	133	7,25		6	»	2,5	»	12	»	5,3	»
0,33	154,5	8,78		5	3,5	»	»	10	7	»	»
0,37	140,5	9,27		5	»	1	»	7	»	0	»
0,28	224	10 80		1	»	»	»	0	»	»	»

On voit qu'une lampe est d'autant plus dangereuse que le verre est plus élevé, la hauteur du tamis restant constante.

Quant au diamètre du verre, le tableau suivant résume les résultats des expériences :

Hauteur du verre, 7 cm. — Hauteur du tamis { 10 cm. pour le gaz d'éclairage 0 cm. pour le grisou.

TOILE MÉTALLIQUE. Diamètre du fil en millim.	Nombre de mailles au cmq.	Q	GAZ employé.	HAUTEUR-LIMITE du point d'inflammation pour un diamètre du verre de 4 cm	5 cm	6 cm	7 cm	INTERVALLE de propagation de l'explosion pour un diamètre du verre de 4 cm	5 cm	6 cm	7 cm
0,32	142	7,36	Gaz d'éclairage.	4	6	5	6	10	14	10-12	14-8
»	»	»		5	6	7	6	14	16	6-12	10-12
0.20	135,5	3.53	Grisou.	4	3.5	3	2	13	11	9	6
0,22	129,0	4,00		3,5	3,5	3	2,5	10	10	6	4
0,33	90,5	4,36		4,5	3,5	3	3	12	11	9	7
0,29	132,0	5,75		3,5	3	1,5	1	11	10	5	0
0,37	140,5	9,27		2,5	1	»	»	2	0	»	»

D'après ce tableau, on voit que les expériences faites avec le gaz d'éclairage n'ont pas montré que le diamètre du verre eût une influence. Avec le grisou, au contraire, il semble que l'explosion se propage d'autant plus facilement au dehors que le verre est plus étroit; mais, dans ces expériences, comme nous l'avons dit, le tamis était réduit à un simple disque. Sa surface était donc constamment égale à la section droite du cylindre de verre. Le Dr Schondorff en conclut que cette relation entre le diamètre du verre et le danger d'explosion n'est vraie pour les lampes ordinaires que si la surface totale de la toile métallique varie proportionnellement à la section droite du cylindre de verre.

Les expériences ont vérifié que la sécurité d'une lampe augmente avec la surface du tamis, et en comparant les résultats obtenus avec les diverses toiles métalliques, le Dr Schondorff a remarqué que le degré de sécurité donné par différents tamis de même métal peut être représenté par l'expression

$$Q = \frac{DM}{10 - D\sqrt{M}},$$

M étant le nombre de mailles au centimètre carré, et D le diamètre du fil exprimé en millimètres. — On peut voir, par les deux tableaux ci-dessus, où la quantité Q a été calculée pour chaque toile métallique, qu'à très peu d'exceptions près la valeur de Q croît avec le degré de sécurité de la lampe.

Le Dr Schondorff l'a appelée le *quotient de sécurité* de la toile métallique; en remarquant que $F = (10 - D\sqrt{M})^2$ représente la surface du vide existant dans un centimètre carré du tamis, cette expression se réduit à $Q = \frac{DM}{\sqrt{F}}$. Elle répond du reste aux cas limites, en y faisant $D = 0$, $M = 0$ ou $F = 0$. Elle fournit enfin une relation entre D

et M, si on donne à Q, d'après les tableaux ci-dessus, une valeur correspondant au degré de sécurité qu'on veut obtenir.

Étude des différents modèles de lampes. — Les expériences qui précèdent et qui avaient seulement pour but d'étudier les dimensions à donner aux divers organes d'une lampe Boty, ont été faites avec le gaz d'éclairage et avec le grisou. Dans la seconde série d'expériences, destinée à étudier l'influence des particularités de construction des différents modèles de lampe, *on n'a employé que le gaz d'éclairage*, les premières expériences ayant montré qu'il était beaucoup plus dangereux que le grisou.

On a vérifié, par exemple, que dans une atmosphère en repos les lampes Davy étaient beaucoup moins dangereuses que les lampes munies de verre.

Ces expériences ont montré aussi que les tamis coniques, comme ceux de la lampe Boty ordinaire, sont plus sûrs que les tamis cylindriques, que l'emploi d'un chapeau de toile métallique, doublant la partie supérieure du tamis (lampe Clanny), augmente le danger de propagation de l'explosion, et qu'en doublant la partie inférieure de la toile métallique, on le diminue au contraire; dans ce dernier cas cependant il ne faut pas que ce surépaississement soit tel qu'il soit équivalent à une prolongation du verre.

Inversement, l'obstruction partielle des tamis est surtout dangereuse si elle affecte leur partie inférieure.

Pour essayer les lampes à plusieurs tamis superposés, on a employé tour à tour différentes combinaisons des trois tamis suivants : un cône α ayant 10 centimètres de hauteur, 5 centimètres de diamètre inférieur et 4 centimètres de diamètre supérieur; un cône β ayant pour ces trois dimensions, 8, 4 et 2 centimètres, et un simple disque γ de 5 centimètres de diamètre; le verre avait

7 centimètres de hauteur et 5 centimètres de diamètre.

On a obtenu les résultats suivants :

TOILE MÉTALLIQUE.			TAMIS employés.	INTERVALLE de propagation de l'explosion.
Diamètre du fil en millim.	Nombre de mailles au cmq.	Q		
0,20	135,5	3,53	α	42
»	»	»	α et γ	38
»	»	»	α et β	26
»	»	»	α, β et γ	28
0,33	90,5	4,36	α	36
»	»	»	α et γ	34
»	»	»	α et β	30
»	»	»	α, β et γ	28
0,33	133	7,25	α	20
»	»	»	α et γ	20
»	»	»	α et β	12
»	»	»	α, β et γ	0
0,28	224	10,80	α	0

On doit donc recommander l'emploi des tamis superposés, en augmentant autant que possible la surface du tamis intérieur.

En employant la même lampe avec le tamis α seul, et en lui adaptant une cheminée intérieure en tôle de 70 millimètres de hauteur, de 27 millimètres de diamètre inférieur et 16 de diamètre supérieur, on a étudié l'influence de la cheminée sur la sécurité de la lampe (lampe Mueseler). Le diaphragme était formé par une toile métallique ou par un disque en laiton découpé à jour. Dans ces expériences, faites comme les précédentes avec le gaz d'éclairage, on a reconnu que la cheminée augmente le danger de propagation de l'explosion. C'est ainsi que l'intervalle de propagation qui était de 44, 32 ou 50 avec la cheminée et divers diaphragmes, s'est abaissé à 18 par la suppression de la cheminée. — Quant aux différents diaphragmes, c'est le diaphragme en laiton, qui cependant présentait plus de surface vide que les autres, qui a donné le plus grand intervalle de propagation de l'explosion; les diaphragmes en toile mé-

tallique sont d'autant plus dangereux que la toile est plus serrée.

La distance h entre le bas de la cheminée et le diaphragme ne paraît pas avoir beaucoup d'importance; on a trouvé que l'intervalle de propagation de l'explosion était de

50 pour $h = 25$ millim.
44 pour $h = 28$ millim.
46 pour $h = 40$ millim.

L'introduction de l'air à la partie inférieure des lampes de sûreté soit par une rangée circulaire de trous, soit à travers une toile métallique, favorise en général le passage de la flamme hors de la lampe; la seconde disposition est cependant moins dangereuse que la première.

En outre, d'après la Commission, l'extinction automatique de ces lampes dans les mélanges explosifs est un désavantage, car elle rend fort difficile le passage aux endroits grisouteux, et elle entraîne les mineurs à emporter un briquet et à ouvrir leurs lampes aux points dangereux.

Sur les recommandations de la Commission, toutes les mines de Westphalie qui faisaient usage de telles lampes ont supprimé le cercle percé de trous ou la toile métallique, pour les remplacer par un cercle plein.

On a vu plus haut que ce changement ne diminue pas le pouvoir éclairant.

Il faut remarquer, en outre, que la position du point d'inflammation donnant le plus grand intervalle de propagation de l'explosion, qui est à 1 centimètre au-dessus du porte-mèche dans les autres lampes, est plus élevée dans celles où l'air arrive à la partie inférieure.

Conclusions. — Le Dr Schondorff conclut de ces expériences que, parmi les différents modèles essayés, la

lampe qui, après la lampe Davy, offre le plus de garanties contre la propagation de l'explosion hors de la lampe, est la lampe de Saarbrück ou lampe Boty. Pour la rendre encore plus sûre, on peut lui adapter un double tamis, ou superposer à la partie inférieure du tamis une bande de toile métallique de 4 centimètres de haut.

Il faut veiller à ce que la fermeture soit hermétique entre le tamis et le verre, et entre le verre et le pied de la lampe.

Dans les expériences, on obtenait cette herméticité au moyen de bagues en cuir; pour les lampes à donner aux ouvriers, le Dr Schondorff recommande l'emploi de bagues en asbeste; il rejette les anneaux en laiton comme donnant rarement une fermeture hermétique.

Il remarque enfin que certaines circonstances peuvent, dans la pratique, influer sur le degré de sécurité des lampes.

Les lampes en effet s'échauffent quand elles sont allumées depuis longtemps, les gaz se dilatent dans l'intérieur, et au moment de l'explosion il s'y trouve une moindre quantité de gaz explosifs; en outre, la flamme et les gaz brûlés qui l'entourent occupent un certain volume et diminuent l'espace dangereux. Il ajoute que le danger est augmenté au contraire par la plus grande densité des gaz au fond des mines profondes, parce qu'elle augmente la puissance mécanique des explosions.

3° Projection de la flamme hors de la lampe par un courant gazeux.

Les expériences relatives à la projection de la flamme par un courant gazeux ont été faites avec le même appareil que les expériences précédentes, mais la lampe était allumée et on pouvait faire arriver le mélange gazeux soit par l'ouverture O (Pl. XVII, *fig.* 8), soit par

le tuyau R; l'orifice de celui-ci avait une section de 1 centimètre carré; pour augmenter la vitesse du jet, on a quelquefois adapté en R une embouchure dont l'orifice n'avait que 1/2 centimètre carré de section.

Les premières expériences ont été faites *avec le gaz d'éclairage*. On faisait d'abord arriver par l'ouverture O un courant de plus en plus riche en gaz combustible, jusqu'à ce qu'il s'enflammât dans la lampe; on tournait ensuite le robinet W pour diriger le courant à travers le tamis, et, sans faire varier la vitesse d'écoulement, on augmentait la proportion de gaz jusqu'à ce que la flamme fût projetée au dehors. La composition du mélange à ce moment était la limite inférieure de l'*intervalle de projection de la flamme*, c'est-à-dire la composition-limite à partir de laquelle, pour la vitesse donnée au courant, la flamme est projetée hors de la lampe.

On déterminait aussi la limite supérieure de cet intervalle, en augmentant au début la proportion de gaz explosif jusqu'au delà du maximum d'explosibilité; après avoir tourné le robinet W, on diminuait la teneur du courant jusqu'à ce que la flamme fût projetée au dehors.

Dans les premiers essais, la projection de la flamme se manifestait par une explosion au dehors, parce qu'on faisait arriver constamment dans la caisse un mélange de gaz et d'air sortant d'un brûleur de Bunsen; on reconnut ainsi que, pour des courants de faible vitesse, la limite supérieure de l'intervalle de projection de la flamme est au-dessous du mélange le plus explosif; on obtint, par exemple, les chiffres suivants :

TOILE MÉTALLIQUE.			VITESSE du courant en mètres par seconde.	INTERVALLE DE PROJECTION de la flamme.	
Diamètre du fil en millim.	Nombre de mailles au cmq.	Q		Limite inférieure.	Limite supérieure.
0,22	129	4	1,96	Pas de projection.	
»	»	»	2,70	12,0 p. 100	12,9 p. 100
0,33	154,5	8,78	2,75	Pas de projection.	
»	»	»	3.29	11,4 p. 100	12,4 p. 100
»	»	»	3,85	10,9	14,5
»	»	»	4,32	10,2	15,5

Mais on pouvait craindre que le mélange riche en gaz qui remplissait la caisse n'eût pour effet d'abaisser les limites observées. On y fit donc arriver, au lieu du courant sortant du brûleur, un courant lent d'air pur qui devait contribuer plutôt à élever ces limites. Dans cette nouvelle série d'expériences, quand la flamme était chassée hors du tamis, elle allumait un faible jet de gaz sortant du conduit T (Pl. XVII, *fig.* 8).

Bien que les limites de l'intervalle de projection ainsi déterminées fussent un peu plus élevées que dans les expériences précédentes, leur relation avec la vitesse du courant restait la même, et la limite supérieure, au moins pour les faibles vitesses, restait inférieure à la composition du mélange le plus explosif.

Le Dr Schondorff admet que, dans ce cas, les mêmes phénomènes se reproduisent au delà du mélange le plus explosif, et qu'il existe un second intervalle de projection de la flamme; mais son existence n'a pas été démontrée.

Les expériences ont établi que, pour chasser la flamme hors du tamis, le courant gazeux doit avoir une vitesse d'autant plus grande que sa teneur en gaz combustible est plus faible.

En outre, un courant agit d'autant plus énergiquement que son diamètre est plus grand; on l'a vu en comparant les courants de 1 centimètre carré et de $0^{cmq},5$ de section; par conséquent avec les courants atteignant toute

la lampe, les seuls auxquels on ait affaire dans les mines, la flamme sera chassée hors du tamis par des courants moins rapides et moins grisouteux que ceux qui étaient nécessaires dans ces expériences.

Le quotient de sécurité Q peut encore servir ici à comparer l'effet des différentes toiles métalliques.

On a fait aussi des expériences analogues *avec le grisou*, qui s'est montré, comme toujours, beaucoup moins dangereux que le gaz d'éclairage :

TOILE MÉTALLIQUE.			VITESSE NÉCESSAIRE POUR PROJETER la flamme au dehors (1).	
Diamètre du fil en millim.	Nombre de mailles au cmq.	Q	Gaz d'éclairage. Mètres par seconde.	Grisou. Mètres par seconde.
0.20	135,5	3,53	2,69	1,85
0,33	90,5	4,36	2,67	2,81
0,33	107,0	5,37	2.67	4,16
0,33	133,0	7,25	3,79	4,91
0,37	140,5	9,27	4,29	7,48 (2)
0,28	224,0	10,80	5,16	8,66 (2)

(1) Avec les vitesses indiquées dans ce tableau et le suivant, la projection n'a lieu que pour les mélanges les plus dangereux à ce point de vue, c'est-à-dire contenant environ 12 p. 100 de gaz d'éclairage, ou 7,5 p. 100 de grisou.
(2) Avec un courant d'un demi-centimètre carré de section seulement.

L'emploi d'un double tamis rend les lampes beaucoup moins dangereuses ; il faut en effet que la flamme traverse d'abord le tamis intérieur, puis le tamis extérieur : or les vitesses nécessaires pour projeter la flamme hors du tamis intérieur seul sont beaucoup plus grandes qu'avec un simple tamis.

TOILE MÉTALLIQUE.			GAZ employé.	VITESSE NÉCESSAIRE pour projeter la flamme (1)	
Diamètre du fil en millim.	Nombre de mailles au cmq.	Q		hors du tamis intérieur en m. par sec.	hors d'un tamis unique en m. par sec.
0,20	135,5	3,53	Gaz d'éclairage.	4,23	2,69
0,33	90,5	4,36		4,59	2,67
0,20	135,5	3,53	Grisou.	4,45	1,85
0,33	90,5	4,36		8,20 (2)	2,81

(1) Voir la première note du tableau précédent.
(2) Avec un courant d'un demi-centimètre carré de section seulement.

Avec ces vitesses, les gaz brûlent entre les deux tamis du côté opposé à l'entrée du courant, sans que celui-ci, ralenti par son passage à travers les différentes toiles (Pl. XVII, *fig.* 9), soit suffisant pour chasser la flamme hors du tamis extérieur.

Mais, dans la pratique, dès que le tamis intérieur est traversé, comme l'espace intermédiaire est rempli de gaz combustible, l'inflammation se propage aussitôt du côté de l'entrée du courant; pour expérimenter ce qu'il en pouvait résulter, on a allumé le courant gazeux en *a* (Pl. XVII, *fig.* 10), dès que la flamme fut sortie en *b* hors du tamis intérieur; aussitôt la flamme s'est infléchie sur le second tamis et est venue rencontrer de nouveau le premier en *c*; par suite, les deux toiles métalliques ont été bientôt portées au rouge, et la flamme a été projetée au dehors. Ainsi, dans la pratique, la flamme doit traverser assez facilement le tamis extérieur dès qu'elle a été projetée hors du tamis intérieur.

En résumé, on est toujours parvenu, même avec les toiles les plus serrées, à projeter la flamme hors du tamis; cela n'arrive alors, il est vrai, que pour des mélanges gazeux fortement explosifs et animés de grandes vitesses; or, ces conditions sont en réalité rarement réunies; car, en général, si en un point l'atmosphère d'une

mine est très grisouteuse, c'est que le courant d'air y est faible et insuffisant. Mais il faut remarquer en outre qu'aucune lampe ne peut résister indéfiniment à un courant gazeux; car, sous l'action d'un courant prolongé, les fils métalliques fondent s'ils sont en cuivre, ou se brûlent s'ils sont en fer; et les lampes à plusieurs tamis sont peut-être les plus exposées à cette dégradation, parce que la température du tamis intérieur s'élève plus vite que celle d'un tamis unique.

On a encore à craindre que le verre ne se fende lorsque la toile métallique est portée au rouge; le Dr Schondorff, pour parer à ce danger, recommande d'intercaler une bague en asbeste entre le verre et la toile.

Il remarque enfin que la flamme n'est jamais chassée par un courant gazeux hors du tamis sans que celui-ci ait été porté à une température suffisamment élevée, et il faut pour cela un temps plus ou moins long; aussi, dès qu'un mineur voit le tamis de sa lampe rougir d'un côté, doit-il la mettre aussitôt à l'abri du courant en la protégeant de son corps, par exemple.

4° Comparaison des différentes lampes au point de vue de la recherche du grisou.

Les expériences faites à ce sujet par la Commission prussienne ont porté sur les lampes Davy, Boty, Wolf, Mueseler et Pieler. Cette dernière est analogue à la lampe Davy, mais c'est une lampe à alcool; en outre, un cône métallique entoure la mèche et cache la plus grande partie de la flamme; on peut ainsi facilement observer l'allongement de l'auréole; le tamis s'élève à 140 millimètres au-dessus de ce cône.

Les trois premiers modèles de lampes ont donné des résultats analogues. Ils indiquent la présence du grisou

entre 2 et 4 1/2 pour 100; seule, la lampe Davy donne encore une indication à 5 p. 100.

La lampe Mueseler est regardée comme la plus imparfaite à ce point de vue, parce qu'elle ne donne d'indications que pour des teneurs variant de 2 1/2 à 4 p. 100.

La lampe Pieler, au contraire, peut révéler de très faibles proportions de grisou : de 1/4 à 2 1/2 p. 100, l'auréole s'allonge de 30 à 140 millimètres; à partir de 2 1/2 p. 100, l'auréole atteint la partie supérieure du tamis; on considère alors le diamètre supérieur de l'auréole, qui varie de 3 à 27 millimètres quand la proportion de grisou augmente de 2 1/2 à 3 1/2 p. 100. Enfin, pour des teneurs plus élevées, l'auréole remplit la partie supérieure du tamis sur une longueur de plus en plus grande, qui atteint 92 millimètres dans une atmosphère contenant 5 p. 100 de grisou.

5° Inflammabilité des mélanges grisouteux explosifs par les fils métalliques au rouge.

Les Drs Wüllner et Lehmann ont fait à Aix-la-Chapelle des expériences sur l'inflammabilité des mélanges grisouteux explosifs par des fils métalliques portés au rouge par le passage d'un courant électrique. Ils connaissaient la température du fil d'après l'intensité du courant.

Les expériences n'ont porté que sur des mélanges véritablement explosifs de grisou et d'air, c'est-à-dire contenant de 1/17 à 1/7 de grisou (5,88 à 14,28 p. 100).

On a remarqué que les mélanges contenant de 1/10 à 1/9 de grisou (10 à 11 p. 100), qui sont les plus explosifs au point de vue dynamique, ne sont pas les plus facilement inflammables. Voici, du reste, les principaux résultats de ces expériences pour les différents métaux essayés :

Un fil d'argent n'enflamme aucun mélange grisouteux, même en élevant sa température jusqu'à son point de fusion.

Un fil de cuivre enflamme les mélanges grisouteux au moment où il atteint sa température de fusion et quelquefois avant.

Les fils de platine enflamment d'autant plus facilement ces mélanges que leur diamètre est plus grand. Un tamis de fil de platine a une action beaucoup plus énergique qu'un fil isolé. La température d'inflammation la moins élevée qui ait été observée dans toutes ces expériences est celle de 1010°, à laquelle il a fallu porter une toile de platine pour enflammer un mélange contenant 1/15 de grisou (6,66 p. 100). En général, du reste, c'est le mélange contenant 1/15 de grisou qui s'est enflammé pour les température les plus basses.

Les fils de fer produisent l'inflammation à une température plus élevée que les fils de platine : si on prend des fils de fer très fins, de $0^{mm},5$, et qu'on les porte au rouge blanc, ils ne produisent aucune inflammation; mais ils se recouvrent d'une couche d'oxyde qui fond et coule, et ils finissent par se briser lorsqu'en un point ils sont entièrement brûlés; à ce moment, si le mélange gazeux est animé d'une grande vitesse, ils peuvent provoquer son explosion. On a pensé qu'avec des vitesses moindres l'explosion était retardée par suite d'une modification du courant gazeux produite par l'oxydation du fer.

Les fils de fer plus épais ($0^{mm},75$) enflamment plus facilement les mélanges grisouteux ; en général, l'explosion a eu lieu avant que les fils ne soient entièrement brûlés.

Dans toutes ces expériences, sauf avec les fils de fer fins, on a reconnu que, si le mélange gazeux est animé d'une certaine vitesse, la température nécessaire pour l'enflammer est plus élevée, et l'inflammation est plus difficile.

6° Conclusions de la Commission.

La Commission prussienne des lampes de sûreté conclut par les considérations suivantes sur les divers modèles de lampes essayés.

Dans la lampe *Clanny*, le verre a un diamètre plus grand que le tamis; on augmente ainsi le volume du verre par rapport au volume total de la lampe; on rend donc la lampe moins sûre.

La lampe *Mueseler* sépare l'air qui alimente la flamme des produits de la combustion qui sont immédiatement entraînés; elle supprime donc l'influence avantageuse que pourraient avoir ceux-ci en diminuant la force explosive du grisou qui a pénétré dans la lampe; en outre, cette lampe s'éteint facilement quand on l'incline ou si on la place dans une atmosphère grisouteuse; elle a un faible pouvoir éclairant, surtout si le cylindre de toile est entouré d'un chapeau plein, et elle donne peu d'indications sur la présence du grisou. Enfin, le gaz s'enflamme souvent au-dessous du diaphragme et, par suite, le verre se brise.

La lampe de *Westphalie*, où l'air entre par la partie inférieure, doit pour cela même être abandonnée, comme on l'a dit plus haut.

Tous les autres modèles de lampes, qui ont surtout pour but d'empêcher l'action des courants sur la flamme, ne sont pas non plus à recommander soit à cause de leur faible pouvoir éclairant, soit à cause de leur facile extinction, soit pour la trop grande facilité avec laquelle l'explosion peut se propager hors de la lampe, soit enfin pour leur trop grande complication.

La lampe Davy éclaire trop peu, et la flamme est très facilement chassée au dehors par un courant gazeux;

elle reste cependant un excellent moyen pour reconnaître le grisou.

On est donc conduit à recommander aux exploitants une des lampes les plus simples, c'est la lampe de Saarbrück ou lampe Boty; celle-ci n'est qu'une lampe Davy à laquelle on a ajouté un verre.

Enfin, d'après ses expériences, la Commission prussienne fixe les règles suivantes pour la construction de la lampe de sûreté, dite lampe normale, qu'elle recommande aux exploitants. Elle ne devra présenter nulle part d'ouverture plus grande que $0^{mmq},25$ pouvant donner passage à la flamme, et les fils formant la toile métallique auront un diamètre de $0^{mm},37$ à $0^{mm},42$. Son pouvoir éclairant sera au moins de 0,60 de la bougie normale. Le verre, parfaitement cylindrique, aura une hauteur de 54 à 60 millimètres, un diamètre de 40 à 50 millimètres, une épaisseur de 6 à 8 millimètres. Le tamis aura de 95 à 105 millimètres de haut; son diamètre inférieur ne sera pas moindre que celui du verre, et sa conicité ne dépassera pas 10 millimètres.

SUR LES TRAVAUX

DE LA

COMMISSION PRUSSIENNE DU GRISOU

Par MM. MALLARD et LE CHATELIER, ingénieurs des mines.

Les travaux de la Commission prussienne du grisou, dont MM. Janet et Pellé ont rendu compte aux lecteurs de ces *Annales* (*), sont, comme on a pu le voir, fort importants; les recherches expérimentales ont été faites avec beaucoup de soin, et ont dû entraîner de grandes dépenses, en même temps qu'elles réclamaient un personnel nombreux, dévoué et instruit. Ces recherches, notamment en ce qui concerne la question des poussières, ont certainement accru beaucoup les notions précises que possédait la science de l'ingénieur sur des sujets difficiles et controversés.

La Commission prussienne a contesté quelques-unes des conclusions que nous avions formulées dans divers travaux publiés par ces *Annales* (**). Dans les questions

(*) *Suprà*, p. 593, et 2e vol. de 1885, p. 600.

(**) Sur les procédés propres à déceler la présence du grisou, *Ann. des mines*, (7) 19-1881.

Du rôle des poussières de mines dans les accidents de mines, *Ann. des mines*, (8) 1-1882.

Rapport présenté au nom de la Commission du grisou, *Ann. des mines* (Partie administrative), 1882.

Sur les lampes de sûreté, *Ann. des mines*, (8) 3-1883.

Recherches expérimentales et théoriques sur la combustion de mélanges gazeux explosifs, *Ann. des mines*, (8) 4-1883.

qui intéressent la vie des hommes, l'amour-propre n'est pas à sa place; nous nous empresserons de reconnaître nos erreurs, mais nous croyons aussi qu'il est de notre devoir de maintenir et de défendre celles d'entre nos conclusions que nous persistons à trouver justes.

I. — ACTION DES POUSSIÈRES DE HOUILLE.

Parmi les recherches de la Commission prussienne, celles qu'elle a faites sur l'action des poussières de houille, sont de beaucoup les plus importantes et les plus originales. La Commission a eu l'heureuse idée de faire les expériences dans les conditions même de la pratique, c'est-à-dire dans une véritable galerie de mine; elle a eu de plus l'idée, non moins heureuse, d'observer, non seulement l'allongement de la flamme produit par les poussières, mais encore l'effet mécanique produit par l'inflammation de ces poussières. Cet effet mécanique est mesuré par l'élévation, sur un plan incliné, d'un wagon pesant tantôt 293, tantôt 738 kilogrammes.

1° ACTION DES POUSSIÈRES DE HOUILLE SEULES.

Nous n'avons pas besoin de faire remarquer tout l'intérêt que présentent les résultats auxquels est arrivée la Commission touchant l'influence du choix des explosifs sur l'inflammation du grisou et des poussières. Grâce à ces expériences, on paraît, dès maintenant, disposer d'explosifs incapables de produire cette inflammation. C'est là, pour la sécurité des mines, un résultat dont l'importance est considérable. Si, comme cela paraît probable, l'emploi de ces explosifs est réellement pratique, on doit voir là un progrès comparable à celui qu'a réalisé la découverte de Davy.

Très intéressantes aussi sont les expériences faites

touchant l'influence qu'exerce, sur l'inflammation des poussières par des coups de mine débourrants, la position des trous de mine. Il résulte, en effet, des expériences, que les coups de mine placés près du sol de la galerie sont seuls capables d'enflammer les poussières; cette action n'étant pas d'ailleurs arrêtée par l'inclinaison vers le haut donnée au trou. Les trous de mine percés au milieu du front de taille ou au toit, ne paraissent pas, au contraire, pouvoir enflammer les poussières, bien qu'ils soient dirigés vers le sol. Ces conclusions sont tout à fait d'accord avec celles que nous avions déduites de l'étude des accidents dus aux poussières, toujours produits par des coups débourrants creusés au ras du sol.

Il est à remarquer que lorsqu'on substitue une bourre de poussière de houille à une bourre d'argile, la longueur de la flamme devient plus grande pour tous les trous, et peu différente de l'un à l'autre, quelle que soit la position. Cela résulte du tableau ci-contre :

COUPS DE MINES. — Numéros.	LONGUEUR DE LA FLAMME (*) avec bourre d'argile.	avec bourre de poussière de houille.
1	4,2	21,56
2	8,1	22,86
3	2,9	22,86
4	4,2	24,10
5	2,9	28,80
6	18,9	28,80
7	17,5	24,10

(*) La longueur de la galerie garnie de poussière était de 10 mètres. La poussière provenait de la mine Hansa (Westphalie), pour les nombres de la deuxième colonne; de la mine Gerhard (Souabe), pour ceux de la troisième.

Les trous 1 et 2 sont les plus hauts; les trous 6 et 7 les plus bas.

Cette différence s'explique très bien. La substitution,

dans le bourrage, de la poussière de houille à l'argile a allongé la flamme du coup : les coups placés en haut et dirigés vers le sol, dont la flamme, avec une bourre d'argile, n'atteignait pas le sol et ne pouvait ainsi enflammer la poussière répandue, ont pu produire cet effet lorsque leur flamme a été allongée par la poussière du bourrage.

Les expériences prussiennes ont confirmé ce que l'on savait déjà sur l'inégalité d'inflammabilité que présentent les poussières des diverses houilles. Elles ont bien constaté que les poussières de houilles anthraciteuses sont très peu inflammables, mais elles n'ont pu établir une loi qui permette d'établir le degré d'inflammabilité d'une poussière dont la composition chimique est connue. Toutefois, elles ont montré que nous nous étions trompés, en disant qu'une poussière n'était inflammable qu'à la condition de tenir au moins 30 p. 100 de matières volatiles. Les poussières de Pluto (Westphalie), qui sont les plus inflammables parmi celles qu'a expérimentées la Commission, ne contiennent, en effet, que 20 p. 100 de matières volatiles. Notre erreur provenait de ce que nous n'avions pas eu à notre disposition un assez grand nombre de poussières différentes. Parmi celles que nous avons étudiées, aucune ne contenait une proportion de matières volatiles comprise entre 16 et 32 p. 100.

La question la plus importante parmi toutes celles auxquelles donnent lieu les poussières de houille, est certainement celle de savoir si l'on peut « assimiler l'inflammation des poussières par un coup de mine, à celle de la poudre par une amorce, et admettre que cette inflammation, une fois produite en un point, se propage ensuite indéfiniment. » Nous avions nié formellement (*) qu'il en puisse être ainsi, en nous appuyant

(*) Du rôle des poussières de houille dans les accidents de mines, *Ann. des mines*, 1882.

sur les expériences de MM. Hall et Clerk, sur les nôtres et sur l'étude des accidents attribués aux poussières.

Le rapporteur de la Commission prussienne, M. Hilt, semble être d'une opinion tout à fait contraire à la nôtre, car, dans la note analysée par M. Janet, il admet comme hors de doute que, avec les poussières de Neu-Iserlohn et de Pluto, « on pourrait augmenter à volonté la longueur de la flamme en augmentant la longueur de galerie garnie de poussières. » Une mine, dont toutes les galeries seraient couvertes de poussières, pourrait donc être entièrement saccagée par une inflammation de poussières produite en un point.

Nous croyons que les expériences mêmes de la Commission démentent l'opinion de M. Hilt et confirment la nôtre.

Prenons, en effet, les expériences faites sur la poussière de Pluto, et nous verrons que :

Lorsqu'on répand de la poussière dans la galerie sur une longueur de :	La longueur de la flamme est de :
10 mètr.	34m,6
20	42 ,6
30	54
40	58

Il est bien vrai qu'avec 40 mètres de poussière la longueur de la flamme dépasse encore celle de la poussière répandue dans la galerie; mais si l'on trace une courbe ayant pour abscisses les longueurs de la galerie couvertes de poussières et pour ordonnées les longueurs de la flamme, on voit immédiatement que cette courbe (Pl. XVII, *fig.* 11) tend très rapidement vers une tangente horizontale ; que, par conséquent, la longueur de la flamme tend vers une limite qui ne parait pas très éloignée de 58 mètres. L'assertion de M. Hilt, que l'on pourrait augmen-

ter à volonté la longueur de la flamme en augmentant la longueur de galerie garnie de poussières, loin de résulter des faits observés, leur est ainsi formellement contraire.

Cela est si vrai, que pour les poussières moins combustibles que celles de Pluto, et pour lesquelles la longueur de la galerie ne s'est pas trouvée insuffisante pour l'observation directe, on a, en effet, trouvé pour la longueur de la flamme, une longueur limite à partir de laquelle l'accroissement de longueur de la galerie garnie de poussières n'a plus produit aucun allongement sensible de la flamme, comme cela résulte des nombres suivants :

	Longueur des poussières.	Longueur de la flamme.		Longueur des poussières.	Longueur de la flamme
Bonifacius I .	10	17	Kreuzgraben. .	10	12
	20	16		20	12
Victor.	10	20	Gerhard	10	14,5
	20	20,5		20	15
	40	22	Itzenplitz. . . .	10	17
Joachim. . . .	10	22		20	16
	20	27	König (Silésie).	10	20
	40	27		20	20,5
König.	10	20	Cons. Jean-Bapt.	10	16
	20	36		20	16
	40	39			

Ainsi, les expériences montrent que, sous l'influence d'un coup de mine débourrant dans une galerie poussièreuse, la longueur de la flamme ne va pas, avec les charbons ordinaires, à plus de 20 à 30 mètres ; pour des charbons exceptionnels, comme ceux de Pluto, elle ne paraît pas pouvoir guère dépasser 60 mètres.

Nous ferons remarquer que cette longueur de 60 mètres ne dépasse pas beaucoup celle de 50 mètres, que, d'après l'étude de tous les accidents connus, nous assignions

comme limite à la flamme des poussières produites par un coup débourrant tiré au ras du sol.

Le phénomène de l'inflammation des poussières par un coup de mine est donc bien tel que nous l'avions défini.

Dans la région de la galerie atteinte directement par les gaz de la poudre, animés d'un mouvement rapide et doués d'une haute température, la poussière de la galerie est violemment mise en suspension et s'enflamme. La masse gazeuse ainsi enflammée, considérablement dilatée par la chaleur, accrue par la distillation partielle des poussières qu'a mises en suspension l'action mécanique des gaz de la poudre, se répand dans la galerie et atteint une distance d'autant plus grande que l'influence mécanique des gaz de la poudre a été plus forte, et que la poussière, mise en suspension, distille plus aisément. Quant à l'influence mécanique que ce jet de flamme peut exercer lui-même sur les poussières de la galerie situées assez loin du front pour avoir échappé à l'action initiale des gaz de la poudre, cette influence est faible et va rapidement en décroissant, jusqu'à s'annuler complètement à une distance du front qui paraît peu considérable.

Remarquons d'ailleurs que, lorsque la galerie ne contient pas de poussières, la longueur de la flamme du coup de mine débourrant est de $9^m,50$. Employant un mode de raisonnement dont nous avons déjà fait usage dans un mémoire déjà cité, nous ferons remarquer qu'en supposant le mélange d'air et de poussières porté, sur cette longueur de $9^m,50$, à une température de 500°, la longueur de la flamme serait de 32 mètres environ. Or, ce chiffre de 500° est bien inférieur à celui de la combustion du mélange d'air et de poussières.

Ce qui achève enfin de démontrer l'exactitude de notre manière de voir, c'est la très faible importance des actions mécaniques observées par la Commission prussienne. En effet, sous l'influence d'un coup de mine bourré

avec des poussières de houille, mais sans que la galerie soit poussiéreuse, le déplacement du wagon pesant 738 kilogrammes a varié, suivant la nature des poussières du *bourrage*, entre $0^m,20$ et $0^m,40$. Lorsqu'on a ajouté des poussières dans la galerie, le coup de mine restant bourré avec de la poussière de houille, le déplacement du wagon a varié entre $0^m,18$ et $0^m,60$, sauf pour la poussière très exceptionnelle de Pluto pour laquelle on a observé un déplacement de $2^m,55$. Il est vrai que le déplacement du wagon n'a pas été observé pour des poussières très dangereuses comme celles de Neu-Iserlohn et Madeley, qui auraient probablement donné des résultats analogues à ceux de Pluto.

L'effet mécanique de l'inflammation des poussières est donc généralement très faible; lorsqu'il devient important pour certaines espèces particulières de houille comme celle de Pluto, il est encore bien loin d'être égal à celui d'une explosion de grisou. En effet, tandis que, avec une longueur de poussières dans la galerie égale à 40 mètres, et une longueur de flamme de 57 mètres, le wagon de 738 kilogrammes se déplaçait de $2^m,55$, sous l'action des poussières de Pluto; il se déplaçait de 8 mètres, c'est-à-dire 3,2 fois plus, sous l'action d'une explosion de 20 mètres cubes d'un mélange (cependant encore très éloigné du maximum d'explosibilité) de 7 p. 100 de grisou et d'air.

En résumé, les expériences de la Commission prussienne, quoique faites dans des proportions bien différentes de celles qui nous étaient personnelles, confirment entièrement les conclusions que nous avions déduites de ces dernières et qui sont les suivantes :

Les combustions de poussières ne sont pas, à proprement parler, *explosives;* ces combustions, en effet, ne produisent que des effets mécaniques tout à fait insignifiants pour la plupart des poussières, toujours beaucoup plus faibles que celle des explosions grisouteuses, même

pour les poussières les plus exceptionnelles. La combustion produite en un point ne se propage pas indéfiniment sur toute la surface couverte par la poussière. La longueur de cette inflammation est en rapport avec l'intensité de l'action mécanique qui a soulevé les poussières en les allumant; cette longueur est toujours limitée, et la limite, qui, sous l'action d'un coup de mine débourrant chargé de 230 grammes de poudre, est de 20 mètres environ pour la plupart des poussières, n'atteint 60 mètres que pour des poussières qui paraissent heureusement exceptionnelles.

Une explosion qui s'étend sur une distance considérable n'est donc pas une explosion de poussières.

Si l'on réfléchit que les coups de mine débourrants *au ras du sol* paraissent être les seules causes propres à produire l'inflammation des poussières dans les mines, qu'on peut aisément, par conséquent, se prémunir contre ce danger en surveillant le tirage à la poudre dans les galeries poussiéreuses, en plaçant les trous de mine au toit de la galerie, en balayant au besoin la galerie sur 10 mètres de longueur en avant du front de taille, on devra conclure avec nous que les poussières, en l'absence du grisou, ne constituent pas une cause de danger très sérieuse; qu'elles ne peuvent jouer un rôle important qu'en aggravant les conséquences d'une explosion produite par le gaz.

Les expériences de la Commission prussienne auront définitivement fixé l'opinion sur ce point.

2° MÉLANGES DE GRISOU ET D'AIR.

La limite d'inflammabilité des mélanges d'air et de grisou est assez malaisée à déterminer. Lorsqu'on essaie de l'observer dans des tubes étroits, l'action refroidissante des parois s'oppose à l'inflammation des mélanges

peu combustibles. Nous avions essayé (*) de déterminer cette limite en mesurant la vitesse de propagation de l'inflammation dans des mélanges très combustibles, traçant la courbe qui a pour abscisses les quantités de gaz et pour ordonnées les vitesses de propagation, puis enfin prolongeant cette courbe (qui est sensiblement une droite) jusqu'à la ligne des abscisses. L'abscisse ainsi déterminée nous avait paru devoir donner la proportion de gaz pour laquelle la vitesse de propagation est nulle, et pour laquelle, par conséquent, l'inflammabilité est nulle. La limite d'inflammabilité ainsi déterminée correspondrait au mélange qui tient 5,6 p. 100 de grisou.

L'exactitude, au moins approchée de cette détermination, paraissait confirmée par les phénomènes qui se produisent dans la lampe Davy placée au milieu d'un mélange de grisou et d'air. C'est seulement, en effet, lorsque la proportion de grisou est de 6 p. 100 que le cylindre de toile se remplit de flammes. Toutefois, il faut reconnaître que ces procédés indirects ne sont pas capables de donner une certitude. Comme nous l'avons fait remarquer (**), le mélange d'air et de grisou, tenant 0,056 de grisou, possède une température de combustion voisine de 1000° et beaucoup plus élevée, par conséquent, que la température d'inflammation, laquelle est égale à 650°. Nous avions cherché l'explication de cette différence anormale entre la température de combustion et la température d'inflammation du mélange de nulle propagation, dans la perte de chaleur par rayonnement qui se produit pendant le temps nécessaire pour que la tranche gazeuse enflammée porte la tranche voisine à la température d'inflammation.

Mais, d'un autre côté, nous avons montré, dans le

(*) Combustion des mélanges gazeux, *Ann. des mines*, 1883.
(**) Combustion des mélanges gazeux, *loc. cit.*, p. 78.

même travail, combien sont variables les conditions de propagation de l'inflammation et quel rôle prépondérant peut jouer, pour augmenter la vitesse de cette propagation, l'agitation du gaz qui mélange le gaz non brûlé au gaz enflammé. Il pourrait donc se faire que, dans un large espace, la propagation de l'inflammation pût encore se faire, d'une façon plus ou moins irrégulière, dans un mélange tenant moins de 0,056 de grisou.

C'est, en effet, ce qui paraît résulter des expériences de la Commission prussienne, qui a vu l'inflammation se propager, en produisant une série de petites décrépitations, dans une atmosphère tenant seulement 0,04 de gaz. Si le mélange gazeux a été bien homogène, si l'analyse chimique du mélange a été suffisamment précise, il résulterait de là que la limite d'inflammabilité du mélange d'air et de grisou doit être notablement abaissée.

Toutefois, le fait ne peut être considéré comme hors de doute, car il semble en contradiction avec les expériences prussiennes sur l'observation de la longueur de la flamme produite par un coup de mine bourré avec de l'argile et débourrant dans une atmosphère contenant des proportions variables de grisou.

La courbe (*fig.* 12) qui représente ces observations montre que la longueur de la flamme croît légèrement d'une manière continue, et à peu près proportionnellement à la proportion du grisou jusqu'à 6 p. 100 de ce gaz. L'effet est le même que celui qu'on constate sur une flamme de lampe qui s'allonge dans le gaz en s'entourant d'une auréole, le gaz venant brûler autour de la flamme et à une distance de celle-ci d'autant plus grande que la teneur en grisou est plus élevée. A 7 p. 100 la longueur de la flamme augmente subitement et passe de 11 mètres à 52 mètres. Il semble donc bien que l'explosion se produit ici entre 6 et 7 p. 100 de gaz et non pas entre 4 et 5.

3° MÉLANGES DE GRISOU ET DE POUSSIÈRES DE HOUILLE.

On sait que M. Galloway, après avoir cru établir qu'un mélange d'air et de poussières de houille n'est pas inflammable à la pression et à la température ordinaires, s'était appliqué à montrer que le même mélange pouvait devenir inflammable lorsqu'il contenait des quantités de grisou relativement faibles. Le savant chimiste de Woolwich, M. Abel, reprenant ces expériences, avait même avancé que des mélanges d'air avec certaines poussières de houille (poussière de la mine de Lycett), devenaient inflammables lorsqu'on ajoutait au mélange 1,5 p. 100 de grisou seulement.

On comprend combien cette assertion avait ému les mineurs, car une proportion de grisou aussi faible que 1,5 p. 100 est difficile à apprécier avec les appareils ordinaires d'éclairage dont sont pourvus les ouvriers.

Dans notre mémoire nous contredîmes formellement, appuyés par nos recherches particulières, les assertions de M. Abel, en ce qui touche la faible proportion de grisou nécessaire pour rendre combustibles les poussières de houille. Nos conclusions étaient textuellement les suivantes :

« 1° Parmi les poussières essayées par nous, celles qui étaient incombustibles dans l'air, le restèrent encore dans un mélange non détonant d'air et de gaz d'éclairage ;

« 2° Celles qui étaient combustibles par elles-mêmes brûlaient plus facilement, la vitesse de propagation de l'inflammation étant un peu accrue, dans un mélange non détonant d'air et de gaz d'éclairage. »

Nous résumions ces conclusions en disant que « l'influence du grisou sur la combustibilité des poussières, si

elle n'est pas tout à fait nulle, est au moins beaucoup plus faible qu'on ne l'avait d'abord pensé ».

Bien que M. Hilt paraisse croire que les expériences de la Commission prussienne contredisent ces conclusions, nous pensons, au contraire, qu'elles les ont confirmées d'une manière complète.

La Commission prusienne a observé, en effet, comme nous l'avons vu plus haut, que, sous l'influence de la flamme d'une lampe ordinaire, un mélange d'air et de grisou commence à devenir inflammable (c'est-à-dire à posséder une vitesse appréciable de propagation de l'inflammation) lorsque ce mélange contient 4 p. 100 de gaz; la vitesse de propagation devient notable à 5 p. 100, assez considérable à 6 p. 100.

Prenons maintenant les expériences faites avec la poussière de König, criblée dans un crible de 1 milimètre, répandue sur 10 mètres de longueur. Elles se traduisent par les courbes (pl. XVII, *fig.* 13), qui donnent les unes la longueur de la flamme, les autres les déplacements du wagon chargé de 293 kilogrammes.

On voit immédiatement sur ces courbes que l'allongement de la flamme ne devient un peu notable que vers 4 p. 100 de grisou, c'est-à-dire vers la proportion à laquelle le mélange gazeux commencerait, d'après la Commission prussienne, à devenir inflammable par lui-même.

Il en est de même pour les effets mécaniques, qui sont très légèrement augmentés au-dessous de 4 p. 100 et ne deviennent considérables que lorsque la proportion de gaz est de 6 p. 100, c'est-à-dire lorsque le mélange gazeux est devenu sérieusement détonant.

Tant que la proportion de gaz contenue dans l'air n'est pas dangereuse par elle-même, les poussières n'ont donc, comme nous l'avons dit, qu'une influence très faible. Elles n'ont d'autre effet que d'augmenter la longueur de la flamme du coup de mine et, par conséquent, la

quantité de gaz qui vient brûler dans le voisinage de cette flamme.

La poussière de König est relativement peu combustible; mais les mêmes conclusions se déduisent des expériences faites avec la poussière remarquablement dangereuse de Neu-Iserlohn, comme le prouvent les courbes (*fig.* 14).

Nous croyons donc avoir le droit de dire que, conformément à ce que nous avions annoncé d'après nos expériences, la coexistence des poussières de houille et de grisou ne crée pas un danger particulier lorsque chacun de ces éléments pris isolément est lui-même sans danger.

II. — DES LAMPES DE SURETÉ.

Les expériences de la Commission prussienne du grisou sur les lampes de sûreté ont été fort nombreuses. Bien qu'elles n'aient fait que confirmer des faits déjà connus, les conclusions que la Commission a cru devoir formuler sont en opposition complète avec celles qui sont généralement admises et avec celles que nous avons émises dans ces *Annales* (*). Nous croyons pouvoir montrer que ces conclusions n'ont pas été nécessairement dictées à la Commission par les résultats de ces expériences, mais qu'elles résultent d'appréciations, à notre avis, fort discutables.

On sait que les lampes de sûreté peuvent transmettre l'inflammation au dehors sous l'action de deux causes principales.

La première, connue et étudiée depuis longtemps, est

(*) Mallard et Le Châtelier : Sur les lampes de sûreté, *Ann. des mines*, (8), III, p. 35 (1883).

un courant animé d'une certaine vitesse et soufflant violemment la flamme à travers les mailles de la toile.

La seconde, que le savant ingénieur de Bessèges, M. Marsaut, a eu le très grand mérite de signaler et d'étudier le premier, est la détonation intérieure d'une masse gazeuse explosive lorsque celle-ci est parvenue à remplir la lampe avant de s'allumer à la flamme de la mèche.

La Commission prussienne a étudié ces deux causes de danger. Toutefois, cédant sans doute à l'attrait de la nouveauté, c'est surtout à l'étude des effets de l'explosion intérieure qu'elle paraît s'être plus particulièrement attachée.

Reprenant simplement le mode d'expérimentation par l'étincelle électrique dont nous avions indiqué l'emploi, elle a constaté, comme M. Marsaut et comme nous, que, avec les mélanges *d'air et de gaz d'éclairage*, toutes les lampes se laissent plus ou moins aisément traverser par l'explosion interne; que, sous ce rapport, la lampe Davy résiste le mieux, qu'ensuite vient la lampe Boty, puis la lampe Mueseler.

Nous avions, en même temps, observé que, avec des mélanges *d'air et de grisou*, on n'obtenait le passage à travers la toile, sous l'influence d'une explosion intérieure, ni avec la lampe Boty, ni avec la lampe Mueseler, dans les conditions où l'emploi de ces appareils est possible pratiquement.

La Commission prussienne a pleinement confirmé ce résultat, puisque, avec des mélanges d'air et de grisou, elle n'a pu faire sortir la flamme au dehors qu'en substituant au cylindre de toile des lampes Boty et Mueseler un simple disque de toile fermant la section supérieure du cylindre de verre. Les expériences faites dans ces conditions, pour déterminer quelles sont les proportions du grisou dans le mélange, la position de l'étincelle et la tex-

ture plus ou moins serrée de la toile qui rendent possible le passage de la flamme, ne nous paraissent présenter aucun intérêt pratique.

Puisque, dans les mines, on n'a jamais constaté de gaz plus détonant que l'hydrogène protocarboné, il résulte bien évidemment, des expériences de la Commission prussienne, comme des nôtres, que la cause de danger provenant de l'explosion intérieure, si elle existe réellement, est peu grave pour la plupart des lampes employées, et en particulier pour les lampes Davy, Boty, Mueseler. D'autant plus que ce n'est qu'exceptionnellement, et dans des conditions très particulières qui ne sauraient échapper à l'attention de l'ouvrier, qu'une lampe peut arriver à se remplir complètement de mélange détonant avant que celui-ci vienne prendre feu à la flamme de la mèche.

Lors donc qu'on dresse, comme le fait la Commission prussienne, une échelle de sécurité des diverses lampes, basée uniquement sur la possibilité d'une explosion intérieure, la classification que l'on obtient ainsi n'a pas d'intérêt pratique.

Toute autre est la cause de danger qui résulte de la projection de la flamme au dehors par insufflation.

Les expériences de la Commission prussienne, sur ce point, s'éloignent beaucoup des conditions de la pratique, et restent bien au-dessous de celles de l'Angleterre, de Saint-Étienne et de Paris. Toutefois, la Commission elle-même a constaté qu'un mélange d'*air et de grisou*, traversant la toile d'une lampe Boty avec une certaine vitesse, transmet l'inflammation au dehors. Dans des conditions qui se rapprochent davantage de celles de la pratique, la Commission anglaise a trouvé qu'avec un courant d'air et de grisou de $2^{m},30$ par seconde, l'inflammation passait au dehors au bout de 78 secondes, et au bout de 4 secondes seulement avec un courant animé d'une vitesse de $3^{m},40$. L'existence, au moins acciden-

telle et momentanée dans les mines, de semblables vitesses relatives de l'air par rapport à la lampe, n'est nullement inadmissible, bien au contraire. Il y a donc là une cause de danger grave, dont la possibilité n'est pas douteuse, et qui peut mettre le sort de toute une mine entre les mains d'un ouvrier maladroit, inexpérimenté ou perdant momentanément la tête.

Il est incontestable et incontesté que la lampe Boty donne prise à ce danger, auquel échappent les lampes Mueseler, Marsaut, Fumat, etc.

La Commission prussienne conseille cependant l'emploi de la lampe Boty.

Nous ne discuterons pas l'opinion de la Commission. Le choix d'une lampe est difficile, puisque toutes ont leurs avantages et leurs inconvénients. Chacun est libre de peser les unes et les autres comme il lui semble bon, en leur attribuant un poids plus ou moins grand. Nous doutons cependant que les ingénieurs qui dirigent des mines grisouteuses consentent à peser les mérites des diverses lampes de sûreté avec la balance dont s'est servie la Commission prussienne.

Quant à ce qui regarde la recherche du grisou, la Commission prussienne rejette absolument la lampe Mueseler. Elle se fonde sur ce que, d'après elle, les indications de la lampe Boty commenceraient à 2 p. 100 de grisou et celles de la lampe Mueseler à 2 1/2 p. 100 seulement. La différence n'est pas grande, mais nous ne l'avons même pas constatée dans nos expériences. Quant au reproche fait à la lampe Mueseler de ne plus *doser* le grisou au delà de 4 p. 100, nous ne voyons pas bien de quel intérêt pratique peut être un pareil dosage, qui devient d'ailleurs impossible avec la lampe Boty elle-même au-dessus de 4 1/2 p. 100, d'après la Commission elle-même.

L'avantage donné comme indicateur de grisou à la

lampe Boty sur la lampe Mueseler ne nous paraît donc pas appuyé de faits probants.

Nous avons d'ailleurs décrit, ici même, un petit appareil au moyen duquel on peut, à notre avis, transformer aisément la lampe Mueseler en un indicateur de grisou très sensible. Cet indicateur n'a pas été expérimenté par la Commission prussienne.

Celle-ci recommande, comme indicateur, l'emploi d'une lampe, dite lampe Pieler. Cette lampe est une simple lampe Davy, à alcool. D'après la Commission, elle indique 1/4 p. 100 de grisou dans l'air. On nous permettra de rappeler que l'idée d'employer les lampes à alcool comme indicateur de grisou nous appartient. Nous avons, en effet, dans un article qu'ont publié les *Annales* (*), annoncé que nous avions utilisé, pour constater la présence de très faibles traces de grisou dans l'air, d'abord la flamme de l'hydrogène, puis celle de l'alcool, et que nous avions pu constater avec la flamme de l'hydrogène 1/4 p. 100 et avec celle de l'alcool 1/2 p. 100 de gaz. Si nous n'avons pas recommandé aux mineurs l'emploi de la lampe à alcool, c'est d'une part que nous avons redouté les accidents auxquels peut donner naissance un liquide aussi vaporisable et surtout aussi inflammable que l'alcool, c'est d'autre part que nous avons pensé qu'il valait mieux s'efforcer d'obtenir une lampe qui pût à volonté servir comme éclairante et comme indicateur. C'est à la pratique à trancher la question.

III. — INFLUENCE DE LA PRESSION ATMOSPHÉRIQUE SUR LE DÉGAGEMENT DU GRISOU.

Les expériences de la Commission prussienne sont, avec celles qui ont été entreprises par un ingénieur au-

(*) Mallard et Le Châtelier : Sur les procédés propres à déceler la présence du grisou, *Ann. des mines*, mars-avril 1881.

trichien, M. W. Köhler, les premières qui aient été poursuivies avec méthode, pour résoudre cette question depuis longtemps posée : *Les variations de la pression atmosphérique influent-elles sur le dégagement du grisou?*

L'un de nous (*) a étudié cette question en se servant des données connues en 1878; et il avait, à cette époque, conclu qu'aucun fait vraiment probant n'appuyait l'idée répandue, qu'une baisse barométrique est nécessairement suivie par une augmentation dans le dégagement du grisou.

Toutefois, il faisait remarquer que la question était double; que la quantité de grisou existant dans les galeries provient d'une part du grisou dégagé au front de taille, de l'autre de celui qui peut exsuder en quelque sorte de vieux travaux; que s'il est presque impossible de comprendre qu'une baisse barométrique influe d'une manière appréciable sur le dégagement du grisou au front de taille, la variation de la pression barométrique est, au contraire, la cause directe de l'irruption, plus ou moins considérable du grisou, que contiennent les vieux travaux, dans les galeries de la mine. Après une discussion basée sur des données malheureusement bien vagues, il inclinait cependant à croire que cette dernière cause, théoriquement incontestable, ne devait avoir, en pratique, qu'une faible importance. Il en appelait d'ailleurs sur ce point à l'expérience directe.

Malheureusement la Commission française fut amenée à se dissoudre avant que les expériences réclamées eussent été entreprises. Dans la conviction de la plupart des membres de la Commission, de semblables expériences, bien que théoriquement intéressantes, ne pou-

(*) Le Châtelier. — *Pièces annexes de la Commission du grisou*, fascicule I, p. 98.

vaient avoir aucune importance sérieuse au point de vue de la sécurité des mines.

Les expériences de la Commission prussienne ont été fort bien conduites; si elles ont duré trop peu de temps, il ne faut en accuser sans doute que la fatigue qu'elles imposent au personnel qui en est chargé.

Lorsqu'on jette les yeux sur les courbes qui résultent des observations, on constate, avec d'assez nombreuses concordances entre la baisse barométrique et l'augmentation de la quantité de grisou, des anomalies inexplicables et que M. Hilt a d'ailleurs, avec une grande sincérité, relevées dans son rapport.

Mais les choses semblent devenir plus claires lorsqu'on examine séparément :

1° Les expériences faites à Gemeinschaft au-dessous du niveau de 430 mètres, dans une région en vallée qui venait d'être ouverte récemment, où il n'y avait pas trace de vieux travaux, et où le vide laissé par l'enlèvement de la houille imparfaitement compensé par les remblais et le vide des galeries montait à 3.500 mètres cubes environ;

2° Celles faites au puits Gemeinschaft au niveau de 430 mètres dans une région exploitée depuis un an et demi au moins par tailles en gradins parfaitement remblayées et sans vieux travaux;

3° Celles faites à la mine Gemeinschaft, courant II*d*, dans une région où la couche de houille a été exploitée sur 360.000 mètres carrés de surface sans remblais, et où M. Hilt évalue le vide probable laissé béant à la suite des affaissements, à 210.000 mètres cubes;

4° Enfin, celles faites à la mine de Ath-Gouley I, courant I*d*, dans une région où la couche de houille a été exploitée sur 500.030 mètres carrés de surface, et où M. Hilt évalue le vide probable à 250.000 mètres cubes.

Les deux premières séries d'expériences nous permet-

tent donc de mesurer l'influence des variations barométriques sur le dégagement au front de taille, puisque les vieux travaux n'ont qu'une importance relative assez faible.

Or, si l'on se reporte aux graphiques de la Pl. XVII on constate que le baromètre et la quantité de grisou varient d'une manière à peu près indépendante. Prenons, en effet, les expériences de Gemeinschaft dans la région en vallée, en notant les concordances et les discordances entre l'observation et la théorie, qui veut qu'une baisse barométrique soit suivie d'un accroissement de grisou et inversement. Nous trouvons que :

Le 18, de	5^h m. à 12^h	le baromètre	décroît,	le grisou	croît,	d'où	concordance.
	12^h à 10^h s.	—	décroît,	—	décroît,	—	discordance.
19, de	10^h s. à 5^h m.	—	décroît,	—	décroît,	—	discordance.
	5^h m. à 12^h	—	décroît,	—	croît,	—	concordance.
	12^h à 10^h s.	—	décroît,	—	croît,	—	concordance.
20, de	10^h s. à 5^h m.	—	décroît,	—	décroît,	—	discordance.
	5^h m. à 12^h	—	décroît,	—	décroît,	—	discordance.
	12^h à 10^h s.	—	croît,	—	croît,	—	discordance.
21, de	10^h s. à 5^h m.	—	croît,	—	décroît,	—	concordance.
	5^h m. à 12^h	—	décroît,	—	croît,	—	concordance.
	12^h à 10^h s.	—	décroît,	—	croît,	—	concordance.
22, de	10^h s. à 5^h m.	—	décroît,	—	croît,	—	discordance.
	5^h m. à 12^h	—	décroît,	—	croît,	—	concordance.
	12^h à 10^h s.	—	station.,	—	décroît,	—	?
23, de	10^h s. à 5^h m.	—	croît,	—	décroît,	—	concordance.
	5^h m. à 12^h	—	croît,	—	croît,	—	discordance.
	12^h à 5^h m.	—	décroît,	—	décroît,	—	discordance.
24, de	5^h m. à 12^h	—	croît,	—	croît,	—	discordance.
	12^h à 10^h s.	—	décroît,	—	décroît,	—	discordance.

On voit qu'il y a 8 fois concordance et 10 fois discordance entre la théorie et l'observation.

Tout au plus peut-on remarquer, à l'appui de la théorie, que, entre le commencement et la fin des observations, le baromètre ayant baissé de 749 à 737 millimètres, soit de 12 millimètres, la quantité de grisou a crû de $0^{m^3},78$ à $0^{m^3},91$, soit de $0^{m^3},13$.

Les mêmes incertitudes se remarquent dans les obser-

vations relatives au quartier exploité en gradins dans la couche Meister. On trouve en effet que :

Le 25, de	5^h m. à 12^h	le baromètre	croît,	le grisou	décroît,	d'où	concordance.
	12^h à 10^h s.	—	station.,	—	croît.	—	?
26, de	10^h s. à 5^h m.	—	décroît,	—	décroît,	—	discordance.
	5^h m. à 12^h	—	décroît,	—	croît.	—	concordance.
	12^h à 10^h s.	—	décroît,	—	décroît,	—	discordance.
27, de	10^h s. à 5^h m.	—	croît,	—	décroît,	—	concordance.
	5^h m. à 12^h	—	décroît,	—	croît,	—	concordance.
	12^h à 10^h s.	—	croît,	—	décroît,	—	concordance,
28, de	10^h s. à 5^h m.	—	croît,	—	croît,	—	discordance.
	5^h m. à 12^h	—	décroît,	—	croît,	—	concordance.
	12^h à 10^h s.	—	croît,	—	décroît,	—	concordance.
29, de	10^h s. à 5^h m.	—	croît,	—	décroît,	—	concordance.
	Lacune.						
31, de	10^h s. à 5^h m.	—	décroît,	—	croît,	—	concordance.
	5^h m. à 12^h	—	décroît,	—	station.,	—	discordance.
	12^h à 10^h s.	—	décroît,	—	croît,	—	concordance.

Il y a donc 5 fois discordance et 10 fois concordance. Mais il faut remarquer que des baisses même rapides, comme celles du 30, 10^h s., au 31, midi, n'ont exercé que des variations insignifiantes dans la quantité de gaz. Là encore on peut dire que l'influence de la pression barométrique sur la quantité de gaz paraît être nulle ou très faible.

Passons maintenant aux expériences faites sur des quartiers de mines où, par suite de l'exploitation par éboulements, les vides non traversés par le courant d'air sont énormes.

Soient d'abord les expériences faites pendant un mois sur le courant II*d* de la mine Gemeinschaft :

Le 2	le baromètre	décroît,	le grisou	croît,	d'où	concordance.
3	—	décroît,	—	croît.	—	concordance.
4	—	décroît,	—	décroît,		discordance.
7	—	décroît,	—	croît,	—	concordance.
8	—	croît,	—	croît,	—	discordance.
11	—	croît,	—	décroît,	—	concordance.
12	—	croît,	—	décroît,	—	concordance.
13	—	croît,	—	croît,	—	discordance.
14	—	décroît,	—	croît,	—	concordance.
15	—	décroît,	—	croît,	—	concordance.
16	—	décroît,	—	croît,	—	concordance.

Le 17	le baromètre	décroît,	le grisou	croît,	d'où	concordance.
18	—	croît,	—	décroît,	—	concordance.
19	—	stationne,	—	décroît,	—	?
20	—	croît,	—	croît,	—	discordance.
21	-	croît,	—	décroît,	—	concordance.
22	—	décroît,	—	croît,	-	concordance.
23	—	décroît,	—	croît,	—	concordance.
24	—	décroît,	—	croît,	—	concordance.
25	—	décroît,	—	décroît,	—	discordance.
26	—	décroît,	—	croît;	—	concordance.
27	—	croît,	—	décroît,	—	concordance.
28	—	croît,	—	croît,	—	discordance.
29	—	décroît,	—	croît,	—	concordance.

Il y a donc eu 17 fois concordance et 6 fois seulement discordance. Mais, malgré cette concordance générale, on peut remarquer que la véritable nature du phénomène laisse prise encore à bien des doutes ; car, quelle que soit la manière dont on conçoive que les variations du baromètre influent sur la quantité de grisou présente dans les galeries, il semble que cette quantité doive être proportionnelle soit à la valeur absolue de la pression, soit à la vitesse de variation de cette même pression. Or, la variation la plus brusque dans la quantité de gaz a eu lieu entre le 17 et le 19, tandis que, dans le même intervalle, la valeur absolue de la pression n'a éprouvé qu'une faible et très lente variation.

Les observations faites à la même mine, du 5 au 10 octobre, conduisent à peu près aux mêmes conséquences.

Le 5, de 12^h à 10^h s.	le baromètre	décroît,	le grisou	décroît,	d'où	discordance.
10^h s. à 5^h m.	—	croît,	—	décroît,	—	concordance.
6, de 5^h m. à 12^h	—	croît,	—	décroît,	—	concordance.
12^h à 10^h s.	—	décroît,	—	croît,	—	concordance.
10^h s. à 5^h m.	—	décroît,	—	croît,	—	concordance.
7, de 5^h m. à 12^h	—	croît,	—	décroît,	—	concordance.
12^h à 10^h s.	—	croît,	—	décroît,	—	concordance.
10^h s. à 5^h m.	—	croît,	—	décroît,	—	concordance.
8, de 5^h m. à 12^h	—	décroît,	—	croît,	—	concordance.
12^h à 10^h s.	—	décroît,	—	décroît,	—	discordance.
10^h s. à 5^h m.	—	décroît,	—	croît,	—	concordance.
9, de 5^h m. à 12^h	—	décroît,	—	décroît,	—	discordance.
12^h à 10^h s.	—	croît.	—	croît,	—	discordance.
10^h s. à 12^h	—	décroît,	—	croît,	—	concordance.
12^h à 10^h s.	—	décroît,	—	décroît,	—	discordance.

Il y a donc 10 concordances pour 5 discordances. Là encore il y a défaut de proportionnalité de l'effet à la cause, car l'une des variations les plus rapides dans la quantité de grisou a eu lieu le 8 de 5^h m. à 12^h, tandis que, pendant le même temps, la pression variait très peu et lentement.

Passons aux observations faites dans le courant I*d* d'Ath-Gouley, c'est-à-dire dans la mine où les vieux travaux avaient la plus grande importance.

1° Observations faites du 2 au 30 septembre :

Le 2	le baromètre	décroît,	le grisou	croît,	d'où	concordance.
3	—	décroît,	—	décroît,	—	discordance.
4	—	décroît,	—	décroît,	—	discordance.
5	—	croît,	—	décroît,	—	concordance.
6	—	croît,	—	croît,	—	discordance.
7	—	décroît,	—	décroît.	—	discordance.
8	—	croît,	—	décroît,	—	concordance.
9	—	croît,	—	stationne,	—	?
10	—	décroît,	—	croît,	—	concordance.
11	—	croît,	—	décroît.	—	concordance.
12	—	croît,	—	stationne,	—	?
13	—	croît,	—	croît,	—	discordance.
14	—	décroît,	—	décroît,	—	discordance.
15	—	décroît,	—	décroît,	—	discordance.
16	—	décroît,	—	croît,	—	concordance.
17	—	décroît,	—	croît,	—	concordance.
18	—	croît,	—	décroît,	—	concordance.
19	—	croît,	—	décroît,	—	concordance.
20	—	croît,	—	croît,	—	discordance.
21	—	croît,	—	décroît,	—	concordance.
22	—	décroît,	—	croît,	—	concordance.
23	—	décroît,	—	croît,	—	concordance.
24	—	décroît,	—	croît,	—	concordance.
25	—	décroît,	—	stationne,	—	?
26	—	stationne,	—	décroît,	—	?
27	—	croît,	—	croît,	—	discordance.
28	—	croît,	—	décroît,	—	concordance.
29	—	décroît,	—	décroît,	—	discordance.

Il y a donc 10 discordances et 14 concordances, quoique, dans l'ensemble, la concordance soit plus apparente entre les deux courbes, parce que les variations les plus sensibles dans la pression sont accompagnées par les variations les plus sensibles dans la quantité de gaz.

Nous n'avons plus à examiner que les expériences faites sur I*d* de Ath-Gouley, du 11 au 17 octobre :

Le 11, de 5h m. à 12h	le baromètre	croît,	le grisou	est stat.,	d'où	?
12h à 10h s.	—	croît,	—	décroît,	—	concordance.
10h s. à 5h m.	—	croît,	—	croît,	—	discordance.
12, de 5h m. à 12h	—	croît,	—	décroît,	—	concordance.
12h à 10h s.	—	croît,	—	croît,	—	discordance.
10h s. à 5h m.	—	croît,	—	croît,	—	discordance.
13, de 5h m. à 12h	—	croît,	—	décroît.	—	concordance.
12h à 10h s.	—	croît,	—	décroît,	—	concordance.
10h s. à 5h m.	—	station.,	—	croît,	—	?
14, de 5h m. à 12h	—	croît,	—	décroît	—	concordance.
12h à 10h s.	—	croît,	—	décroît,	—	concordance.
10h s. à 5h m.	—	croît,		station.,	—	?
15, de 5h m. à 12h	—	décroît,	—	décroît,	—	discordance.
12h à 10h s.	—	décroît,	—	croît,	—	concordance.
10h s. à 5h m.	—	croît,	—	croît,	—	discordance.
16, de 5h m. à 12h	—	croît,	—	décroît,	—	concordance.
12h à 10h s.	—	croît,	—	croît,	—	discordance.
10h s. à 5h m.	—	décroît,	—	décroît,	—	discordance.
17, de 5h m. à 12h	—	croît,	—	croît,	—	discordance.
12h à 10h s.	—	décroît,	—	décroît.	—	discordance.

Il y a 9 discordances pour 8 concordances; toutefois, l'accord général de deux courbes paraît assez grand, parce que la hausse à peu près continue du baromètre s'accompagne d'une baisse à peu près continue de la quantité de gaz.

On peut ainsi déduire des expériences de la Commission prussienne que, dans les régions minières qui ne communiquent pas avec des vides considérables, l'influence de la pression atmosphérique sur la quantité de grisou existant dans les galeries est à peine sensible; que cette influence ne se fait sentir, et d'une manière d'ailleurs assez irrégulière, que lorsque de vastes réservoirs plus ou moins remplis d'air grisouteux, sont en communication directe avec les galeries.

Cette conclusion ne choque pas la raison, car il a toujours été bien certain que de vieux travaux grisouteux devaient, lors d'une baisse barométrique, verser une partie de leur gaz dans le courant général de la mine. La

discussion ne s'était établie que sur la quantité de gaz qui pouvait ainsi être ajoutée à celle qui existe dans les galeries du fait de dégagement au front de taille. Or, il est clair que des mines, comme celles sur lesquelles ont porté les expériences de la Commission prussienne, qui présentent de vastes surfaces déhouillées et non remblayées, sont tout particulièrement propres à manifester le phénomène avec son énergie maxima (*).

En revanche, nous persistons à penser qu'une influence *notable* de la pression atmosphérique sur le dégagement du grisou au front de taille serait absolument incompréhensible. On peut bien concevoir, comme le suppose M. Hilt, que la pression de l'air s'oppose à la rupture de particules charbonneuses qui mettent obstacle au libre dégagement du grisou. Mais qu'on imagine ce mode d'action ou tout autre, il devra toujours y avoir proportionnalité entre la quantité de gaz dégagée et la valeur absolue de la pression atmosphérique. Comme la pression ne varie pas de plus de 1/15 de sa valeur, il devrait donc en être de même pour les variations dans la quantité de gaz. Or, des variations de cet ordre, dans le dégagement du grisou, sont tout à fait sans importance et n'ont pas le moindre intérêt dans la pratique (**).

En résumé, les observations de la Commission prussienne touchant l'influence de la pression atmosphérique

---

(*) Dans le mémoire déjà cité (Le Châtelier. *Pièces annexes*) on admettait comme vide maximum produit par les anciens travaux le chiffre de 50.000 mètres cubes, tandis que M. Hilt évalue le vide des anciens travaux d'Ath-Gouley à 250.000 mètres cubes.

(**) L'examen des observations faites par M. le Bergrath W. Köhler, à Peschen (Silésie autrichienne), conduiraient à des conséquences analogues à celles que nous énonçons ici. Les discordances entre la théorie et l'observation, y sont plus nombreuses et plus importantes encore (V. *Revue Universelle des mines*, janvier et février 1886).

sur la quantité de grisou existant dans les mines, sont les premières qui aient fait quelque lumière sur ce sujet difficile et obscurci par des allégations vagues sans fondement sérieux. Ces expériences, quoique très bien conduites, n'ont cependant pas été prolongées assez pour qu'on puisse considérer la question comme épuisée. Nous nous joignons à M. Hilt pour exprimer le désir qu'elles soient continuées.

Autant qu'on peut tirer de conclusions précises d'expériences qui n'ont duré que quelques jours, tandis qu'elles devraient durer des mois, il semble que les observations prussiennes aient montré que les variations barométriques, sans influence notable sur le dégagement du grisou au front de taille, peuvent, dans certaines mines où les vides laissés par les anciens travaux sont énormes, faire varier d'une manière sensible la quantité de grisou que les vieux travaux versent dans les galeries.

Toutefois cette influence paraît fort capricieuse et troublée par de nombreuses influences continues. Les grandes baisses barométriques ne correspondent pas toujours aux grandes quantités de grisou et inversement. Il paraît donc impossible de tirer de la constatation de cette influence un parti sérieux pour améliorer la sécurité des mines. La question, intéressante pour la théorie, reste donc sans grand intérêt pour la pratique, comme l'ont admis successivement les Commissions française et anglaise.

BULLETIN.

L'INDUSTRIE MINÉRALE EN NOUVELLE-CALÉDONIE.

Or. — La seule mine exploitée est celle de la Fern-Hill (*), qui, de 1870 à 1873, a donné d'assez bons résultats : en septembre 1873, l'usine construite sur les rives du Diahot avait traité 1.200 tonnes de minerai et produit 140 kilogrammes d'or, ce qui répond à une teneur moyenne de 117gr,2 à la tonne; à la fin de 1873, la mine ne produisant plus que des pyrites pauvres, l'exploitation en avait été abandonnée; mais les travaux, repris en 1882, ont amené la découverte de nouvelles parties riches qui paraissent promettre une exploitation fructueuse.

Le tableau ci-dessous indique les quantités d'or produites et exportées de 1872 à 1879 :

1872.....	68k,096	1876.....	18k,676
1873.....	51k,772	1877.....	28k,028
1874.....	8k,708	1878.....	33k,864
1875.....	»	1879.....	0k,546

En 1882, il a été exporté 20 tonnes, et en 1883, 30 tonnes de pyrites aurifères pour essais; en 1884, l'extraction a été de 550 tonnes et l'exportation de 35 tonnes de ce minerai, tenant de 20 à 50 grammes d'or à la tonne.

Cuivre. — Les gisements des environs d'Ouégoa ont été activement exploités par la Compagnie de la Balade, qui en a extrait plus de 40.000 tonnes de minerais; mais l'irrégularité du filon d'une part, et de l'autre la baisse survenue sur le prix du cuivre, ont amené depuis peu l'interruption des travaux. Il est à espérer qu'elle ne sera que momentanée, car de nouveaux affleurements d'un très bel aspect ont été découverts, en octobre 1884, dans la

(*) Voir le Mémoire de M. Heurteau, *Annales des Mines*, 1er vol. de 1876.

vallée du Diahot, près du village de Balagnet; en outre, des recherches sont faites dans la vallée de Négropo et près de Koumac.

L'exportation des minerais de cuivre est résumée dans le tableau suivant :

1873.	57 tonnes.	
1874.	665	
1875.	1.340	
1876.	2.622	
1877.	4.622	
1878.	6.024	
1879.	7.741	d'une teneur de 16 à 18 p. 100.
1880.	3.441	
1881.	5.208	
1882.	3.385	
1883.	2.991	
1884.	2.060	d'une teneur de 16 p. 100.

Nickel. — Bien que les minerais silicatés de nickel aient été reconnus sur un très grand nombre de points de la région occupée par les roches serpentineuses, on peut distinguer cinq districts particulièrement riches : 1° celui de Thio, comprenant les gisements du Mont-d'Or, et produisant par an environ 12.000 tonnes de minerai d'une teneur moyenne de 10 p. 100; 2° celui de Kua-Méré, donnant 2.400 tonnes de minerai par an; 3° celui de Kouaoua; 4° celui de Brandy, qui n'ont donné lieu encore qu'à des travaux de recherches, et 5° celui de Kanala-Houaïlou, dans lequel l'extraction a été arrêtée en 1883, l'activité des exploitants s'étant concentrée sur la région de Thio.

Une partie des minerais est exportée en Europe; le reste était traité sur place jusqu'à la fin de 1884 par la Société *le Nickel*, dans un haut fourneau établi à la pointe Chaleix, près de Nouméa; la production mensuelle était de 120 tonnes de fonte, d'une teneur de 70 p. 100, pour 800 tonnes de minerai traité.

Un second haut-fourneau était spécialement destiné à la fusion des minerais de cobalt; mais, en 1885, les travaux ont été suspendus sur plusieurs points, et sur les autres considérablement ralentis, le stock de nickel produit étant trop considérable et ne pouvant s'écouler que peu à peu.

Le tableau suivant résume, pour les années 1875 à 1884, les résultats de l'exploitation des minerais de nickel :

ANNÉES.	MINERAI EXTRAIT.	MINERAI FONDU SUR PLACE.	FONTE PRODUITE.
	tonnes	tonnes	tonnes
1875	327	»	»
1876	3.406	»	»
1877	4.377	»	»
1878	155	»	»
1879	»	»	»
1880	2.528	2.528	212
1881	4.070	4.070	536
1882	9 025	6.332	824
1883	6.881	6.740	967
1884	10.888	8.162	904

Il a été fondu, en outre, en 1884, 862 tonnes de minerais de nickel, mélangés à des minerais de cobalt, pour donner une fonte contenant ces deux métaux, ainsi qu'il va être dit ci-après.

Cobalt. — Les minerais de cobalt se rencontrent également sur un très grand nombre de points de la formation serpentineuse, mais ils sont exploités surtout à l'île Ouen, à la baie du Sud et au cap Bocage. Après une exploitation assez active de 1876 à 1879, et ensuite de 1882 à 1884, les travaux ont été de nouveau très ralentis en 1885, en raison de l'écoulement difficile du métal, produit en quantité trop supérieure à la consommation.

Les quantités extraites ont été les suivantes :

1876. . . . . 1^{t},500
1877. . . . . 249^{t},700
1878. . . . . 38^{t},900
1882. . . . . 327^{t},000
1883. . . . . 4.271^{t},000
1884. . . . . 3.467^{t},000 d'une teneur variant de 2 à 4,7 p. 100.

On a commencé en 1883 le traitement par voie sèche de ces minerais à la pointe Chaleix : 6.740 tonnes passées au haut fourneau ont donné 967 tonnes de fonte à 70 p. 100 de cobalt. En 1884, il a été fondu 1.591 tonnes, dont 637 pour fonte de cobalt ont donné 14^{t},700 de fonte d'une teneur de 15 à 20 p. 100, et 954 tonnes passées avec les 862 tonnes précitées de minerai de nickel ont donné 360 tonnes d'une fonte à 10 p. 100 de cobalt et 25 p. 100 de nickel.

Fer chromé. — Le fer chromé est également très abondant dans les roches serpentineuses de la Nouvelle-Calédonie, et il a donné lieu à des travaux d'exploitation suivis à Nakéty et au Mont-d'Or, mais ces travaux ont été suspendus par suite de la

difficulté qu'on éprouve à utiliser ces minerais; en 1875 on en avait extrait 35 tonnes; en 1880 les travaux ont été repris, et il a été produit:

En 1880.	500t
1881.	2.300t
1882.	3.670t
1883.	2.192t
et en 1884.	2.710t d'une teneur d'environ 50 p. 100.

Plomb et Antimoine. — La présence de la galène a été signalée dans la mine de cuivre de Koumac ainsi que dans le filon aurifère de la Fern-Hill; mais des gisements plus sérieux ont été découverts à la fin de 1884 dans la vallée du Diahot, et ils donnent lieu à des travaux de recherches suivis.

Quant au sulfure d'antimoine, on en a reconnu plusieurs affleurements dans le district de Nakéty; les gisements paraissent réguliers, mais l'exploitation en est encore à ses débuts; elle a produit 48 tonnes de minerai en 1883, et 880 tonnes en 1884, dont on a exporté 100 tonnes, d'une teneur de 25 à 50 p. 100.

Charbon. — Le charbon, qui existe sur une assez grande étendue de la côte ouest, entre la formation serpentineuse et les roches éruptives et métamorphiques qui bordent la mer, n'a encore été l'objet que de travaux purement superficiels; mais des recherches sont poursuivies sous la direction de l'administration de la colonie, en vue de reconnaître d'une façon plus complète l'allure et l'étendue des gisements de combustible et la qualité du charbon au delà de la zone des affleurements; les points qui, jusqu'à présent, ont le plus attiré l'attention sont les Portes-de-Fer et les environs de Moindon; les recherches faites par la Commission chargée de cette étude montreront si ces gîtes sont susceptibles d'être utilement exploités.

(*Extrait d'un rapport de* M. Croisille, *garde-mines, sur les mines de la Nouvelle-Calédonie.*)

GITE DE PÉTROLE DE GEBEL-EL-ZEIT (ÉGYPTE).

Le gîte de pétrole de Gebel-el-Zeit, récemment découvert, est situé par 28° de latitude, sur la côte africaine de la mer Rouge, à l'endroit où finit le golfe de Suez. Depuis longtemps

les Arabes avaient remarqué des suintements de matières huileuses dans cette région montagneuse, à laquelle ils avaient donné, pour ce motif, le nom de *Gebel-el-Zeit* (montagne de l'huile).

Un sondage vient d'y être exécuté, à une cinquantaine de mètres du bord de la mer, et poussé à la profondeur de 35 mètres : il a donné naissance à une source jaillissante de pétrole d'un débit approximatif de 2.000 kilogrammes par jour; il paraît se faire en outre une déperdition assez notable dans la mer, les roches traversées étant vraisemblablement mélangées de sables facilement perméables. On pourrait être alors conduit à reporter le trou de sonde plus loin du rivage, mais les difficultés d'exploitation seraient considérablement aggravées; il est, du reste, impossible, quant à présent, de prévoir le parti qui pourra être tiré de cette découverte, l'absence d'eau potable rendant l'installation sur ce point fort difficile, et la configuration montagneuse de la côte ne permettant guère, à moins de très fortes dépenses, de se relier par chemin de fer à Suez.

(*Extrait d'un rapport adressé à M. le Ministre des affaires étrangères par M. le comte* D'AUNAY, *consul général de France en Égypte*).

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME NEUVIÈME.

MINÉRALOGIE. — GÉOLOGIE.

Pages

Note sur la géologie du bassin houiller de Fünfkirchen; par M. *Beaugey* 5

De l'étude des mouvements de l'écorce terrestre poursuivie particulièrement au point de vue de leurs rapports avec les dégagements de produits gazeux. Compte rendu d'une mission donnée par M. Raynal, ministre des travaux publics, à M. *B. de Chancourtois*, assisté de MM. *Ch. Lallemand* et *G. Chesneau* 207

Note sur la géologie et sur l'industrie minière du royaume de Pérak et des pays voisins (presqu'île de Malacca); par M. *J. de Morgan*. 368

Note sur la carte géologique détaillée de la France; par M. *E. Jacquot*. 577

MÉCANIQUE. — EXPLOITATION.

Commission d'étude des moyens propres à prévenir les explosions de grisou dans les houillières. — Analyse synoptique des rapports officiels sur les accidents de grisou en France de 1817 à 1881, dressée au nom de la Commission; par MM. *Jules Petitdidier* et *Charles Lallemand* (Sixième fascicule) 31

Note sur les câbles aériens établis entre Vajda-Hunyad et Vadudobri (Comitat d'Hunyad-Transylvanie); par MM. *Bochet* et *Lebreton* 185

Pages

Note sur le profil des cames des bocards; par M. *Arthur Thiré* 282

Note sur la délimitation théorique de la zone des affaissements dus aux travaux de mines; par M. *E. Villié* 301

Sur les conditions de résistances de quelques éléments des portières de l'écluse de la Monnaie; par M. *H. Résal* . . . 339

Conditions théoriques de résistance des fonds plats circulaires des appareils à vapeurs, déduites du mode de rupture d'un cylindre sécheur qui a fait explosion dans une fabrique du Loiret; par M. *O. Keller*. 346

Rapports de la Commission prussienne du grisou; analyse par M. *Maxime Pellé*.. 593

Sur les travaux de la Commission prussienne du grisou; par MM. *Mallard* et *Le Chatelier*. 638

MÉTALLURGIE. — MINÉRALURGIE.

Mise en feu des hauts fourneaux à l'anthracite; par M. *T. Egleston*. (Traduction par M. *Ed. Sauvage*.). 313

OBJETS DIVERS.

Notice sur les prix de revient de la traction et sur les économies réalisées par l'application de diverses modifications aux machines locomotives; par M. *Ricour* 110

Statistique de l'industrie minérale de la France. — Tableaux comparatifs de la production des combustibles minéraux, des fontes, fers et aciers, en 1884 et en 1885. 173

Note sur les freins à vapeur des locomotives; par M. *Ed. Sauvage*. 326

Note sur la consolidation des essieux coudés de locomotives; par M. *Ed. Sauvage* 335

Note sur une explosion de chaudière survenue le 7 octobre 1885 à la filature Pellot et Cᵉ, à Solre-le-Château (Nord) . 364

Rapport sur l'explosion d'un piston creux au puits de la

Fig. 13

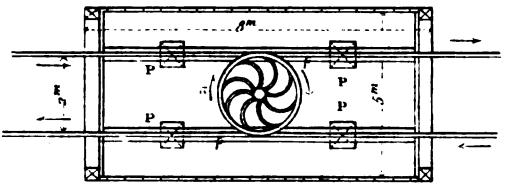


Fig. 14

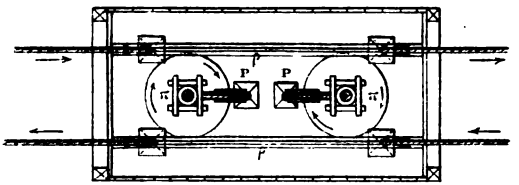


Fig. 15

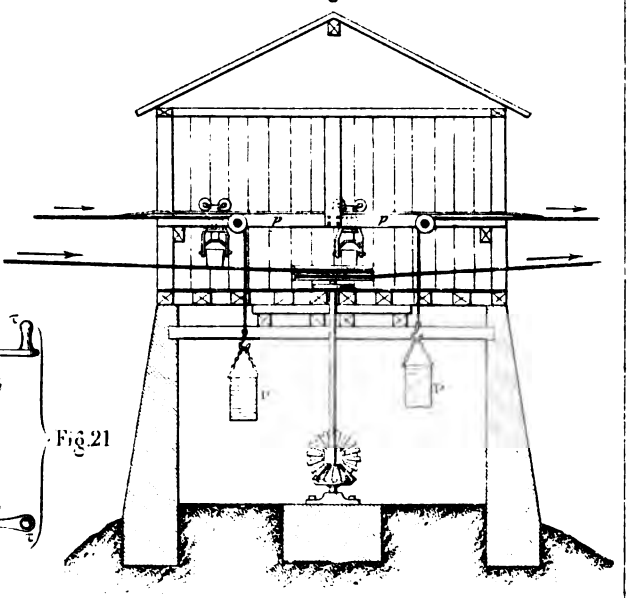


Fig. 21

Macquet sc

Fig.6
Sismographe analyseur de F. Cecchi

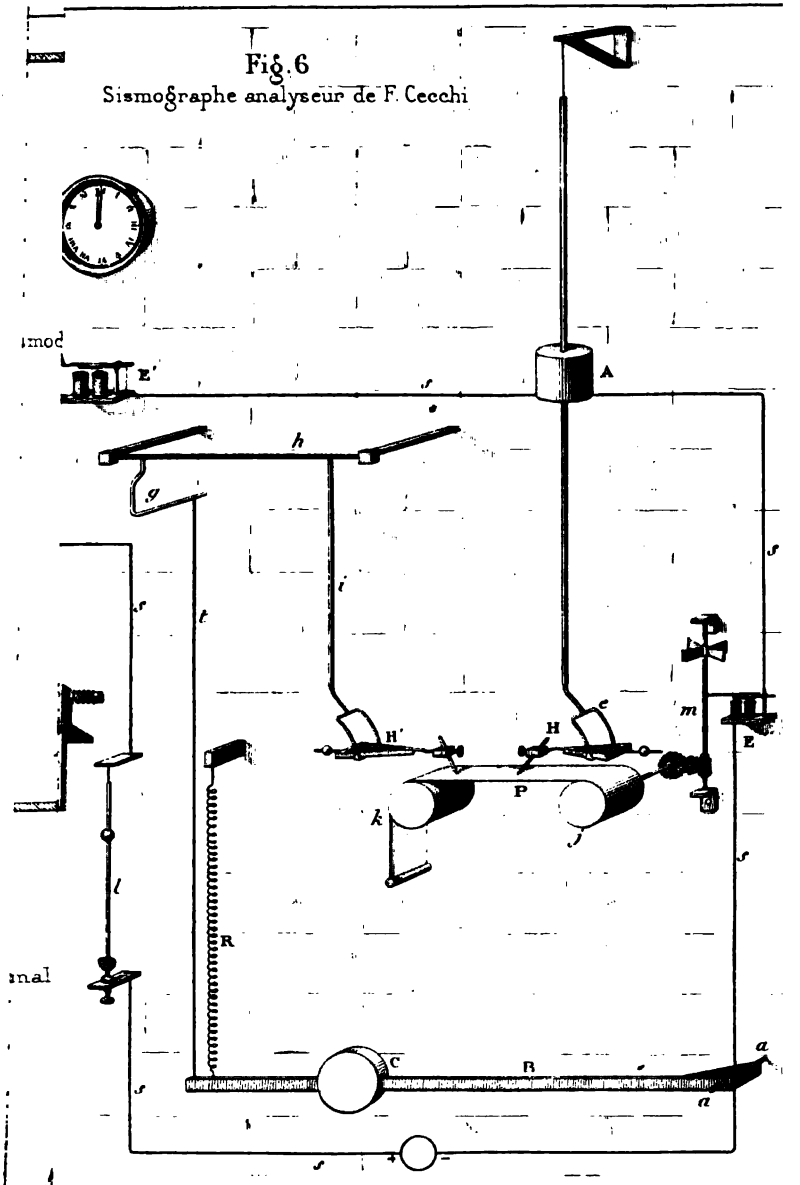


Fig.5
Cupule C au 1/4

des cames de bocards

Fig. 9

Elevation de face

Plan

Fig. 10

Fig. 11

Fig. 14

Fig. 15

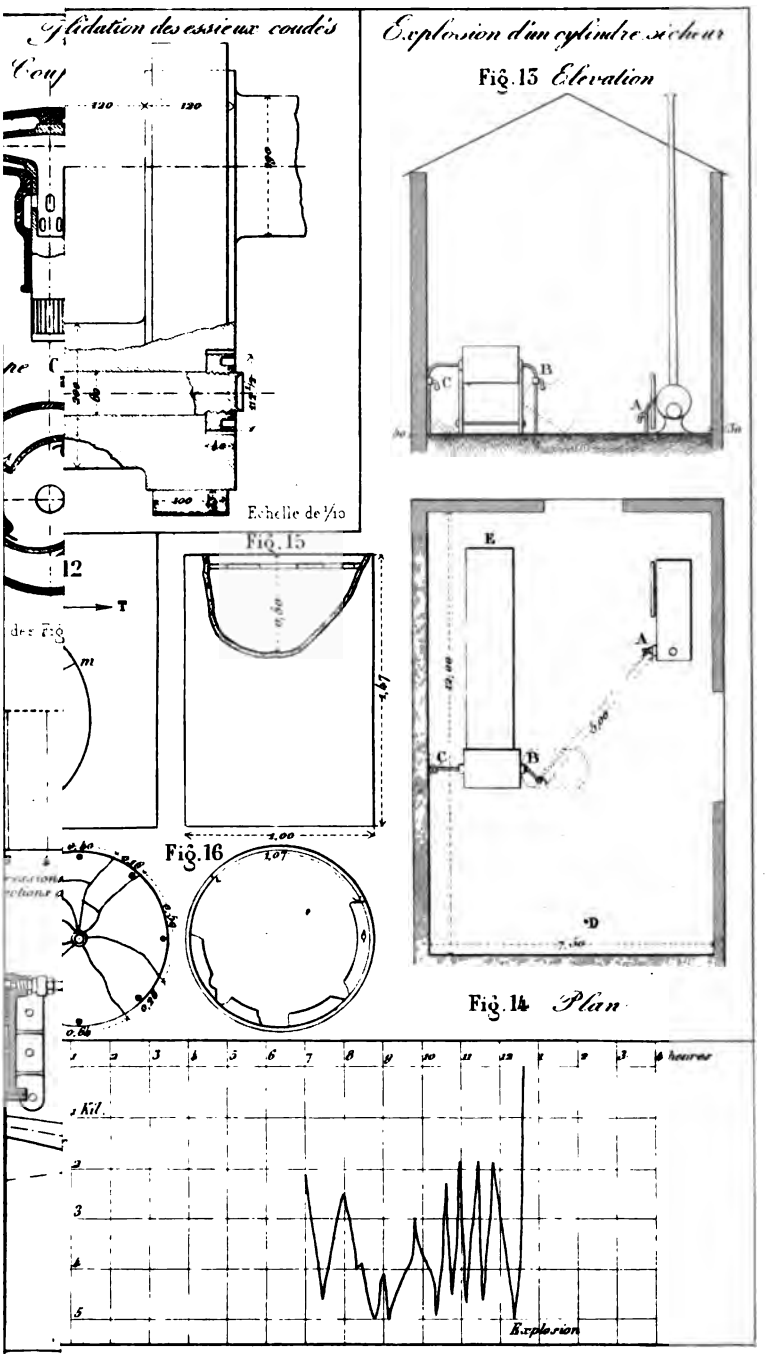
Haut-fourneau de Glendon

Fig. 18

Fig. 17

Echelle de 3mm 5 pour 1 mètre

Macquet sc.


Glidation des essieux coudés
Explosion d'un cylindre sécheur
Fig. 13 Elevation
Echelle de 1/10
Fig. 15
Fig. 16
Fig. 14 Plan
Explosion
Macquet sc.

Pl. VIII

nes, 8

Macquet sc

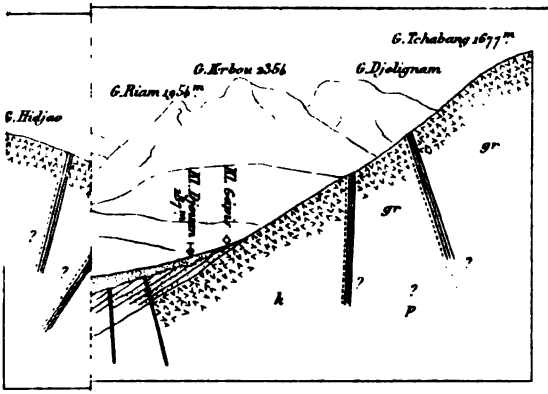


Fig 4 Coupe relevée à Gôping (Kinla)

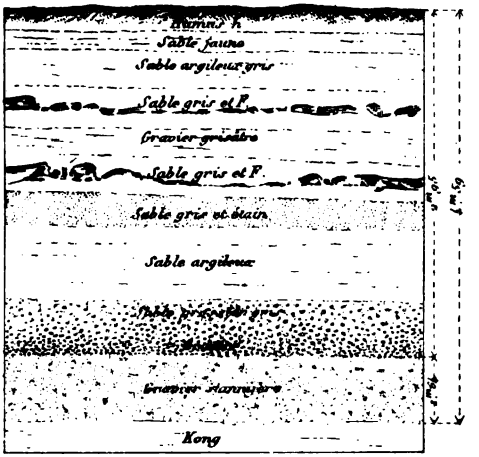
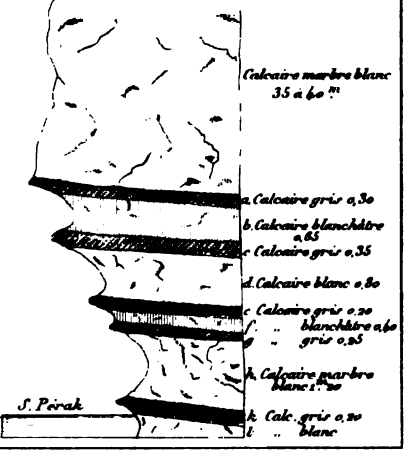


Fig. 7 Coupe des falaises calcaires de Ratou Lôné



Coupe

8e Série T.

Marquet sc.

Fig.5

Fig.13

Fig.14

Fig.8

Fig.7

Legende des Fig. 15 et 16

H Humus
Al Alluvion
c Lentilles de minerai
k Kong

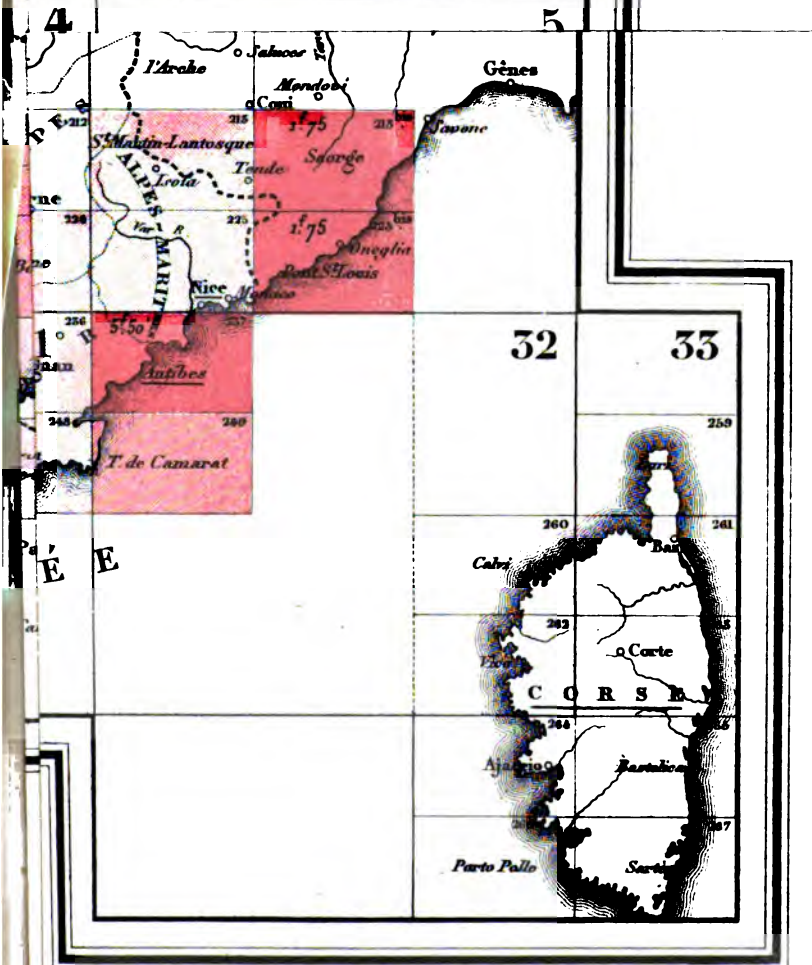
Fig.17

Fig 18

Macquet sc

3

PL.XVI



Imp. Lemercier et Cie

Fig. 6 M. Gemeinschaft-niveau 430m de Grosslangenberg. 18-24 Oct 1885

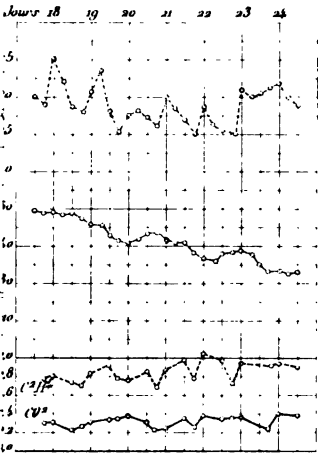


Fig. 7 M. Gemeinschaft-niveau 430m de la veine Meister 25-31 Oct. 1885

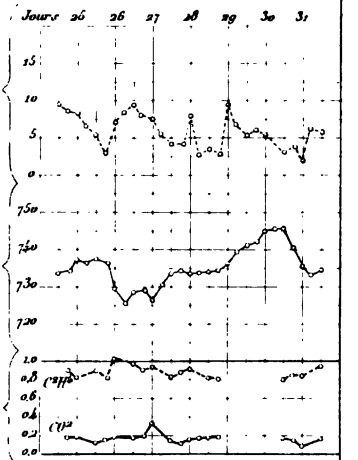


Fig. 1 Coupe de la Galerie d'expériences

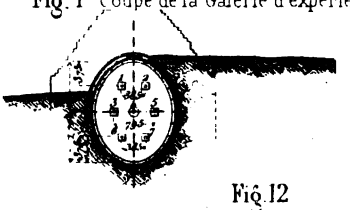


Fig. 8

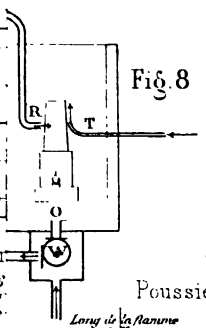


Fig. 9

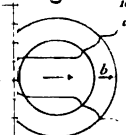


Fig. 10

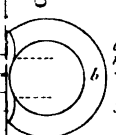


Fig. 11
Poussières de Pluto

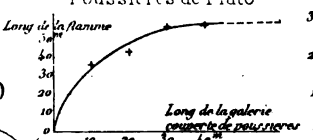


Fig. 12
Coup de mine bourré avec de l'argile

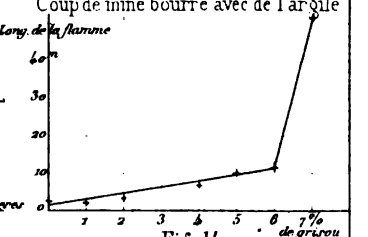


Fig. 13
Poussière de König répandue sur 10m

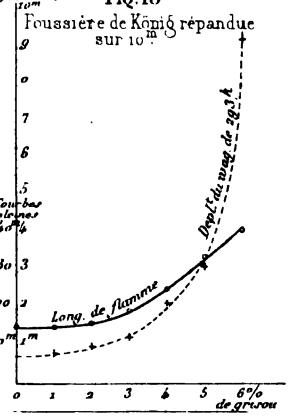
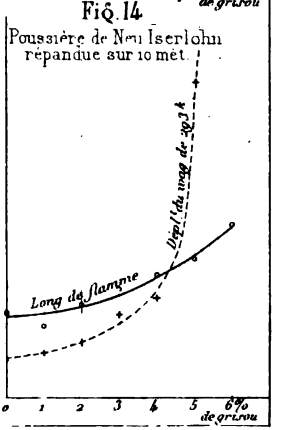


Fig. 14
Poussière de Neu Iserlohn répandue sur 10 mèt.



Macquet sc